



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
BOLIVIANA

Leonardo Achá Boiano

**PROTOTIPO DE SOFTWARE BASADO EN TRANSFORMADORES
MULTIMODALES PARA OPTIMIZAR LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE
PROGRAMAS DE GESTIÓN DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO
CONFORME A LA NORMA TÉCNICA DE SEGURIDAD 009**

Perfil de Proyecto de Grado

presentado a la Carrera de Ingeniería Mecatrónica para obtener
su habilitación a Taller de Grado I.

Santa Cruz - Bolivia

Junio, 2024

Leonardo Achá Boiano

**PROTOTIPO DE SOFTWARE BASADO EN TRANSFORMADORES
MULTIMODALES PARA OPTIMIZAR LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE
PROGRAMAS DE GESTIÓN DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO
CONFORME A LA NORMA TÉCNICA DE SEGURIDAD 009**

Perfil de Proyecto de Grado fue sometido a análisis y defendido ante el tribunal compuesto por:

Job Angel Ledezma Perez, Dr. Ing.

**DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA MECATRONICA**

Paola Gioconda Aliendre Martinez, Ms. Ing.

RELATOR

Erik Osvaldo Pozo Irusta, Ms. Ing.

RELATOR

Santa Cruz de la Sierra, 24 de Junio del 2024

AGRADECIMIENTO

Ingresa en este sector los agradecimientos a los colaboradores en la ejecución del Trabajo

RESUMEN

ABSTRACT

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1.	Registro de profesionales SySO: (a) Mensual (b) Anual.	18
1.2.	Profesionales SST activos: Distribución de categorías (a) porcentual (b) por departamento.	19
1.3.	Distribución porcentual de tiempo en la elaboración de las secciones del Contenido Técnico de un PGSST. Elaboración propia a partir de entrevista (Apéndice A).	20
1.4.	Distribución de tiempo en el proceso de desarrollo del punto cuatro “Planificación” de acuerdo al contenido técnico de un PGSST solicitado por la NTS-009/23. .	20
1.5.	Árbol de problemas y objetivos. Fuente: Elaborado por el Autor.	21
2.1.	Proceso de desarrollo bajo la metodología de Programación Extrema.	43
2.2.	Proceso de desarrollo bajo la metodología PXP.	45
2.3.	Ecosistema de un sistema de inteligencia artificial.	49
2.4.	Proceso de Desarrollo de Modelos de Visión Computacional.	51
2.5.	Arquitectura GLN clásica.	54
3.1.	Caso de Uso: Entrada de Información.	58
3.2.	Caso de Uso: Gestión de Proyectos.	59
3.3.	Propuesta de Arquitectura de Sistema.	61
3.4.	Cadena de Procesamiento de Datos.	62
3.5.	Propuesta de Arquitectura Cliente-Servidor.	62
3.6.	Propuesta de Arquitectura a nivel de módulos de la aplicación.	63

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Descripción de actividades para la elaboración de PSST.	40
3.1. Tabla de Requerimientos Funcionales	56
3.2. Tabla de Requerimientos No Funcionales	57
3.3. Matriz de Selección de Servicios de Computación en la Nube	65
3.4. Detalle de Costos Mensuales de Infraestructura.	66
3.5. Inversión Total Inicial	67
3.6. Cronograma del proyecto.	68

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

AFP	Administradora de Fondos de Pensiones
CPE	Constitución Política del Estado
EPP	Equipos de Protección Personal
GLN	Generación de Lenguaje Natural
IBNORCA	Instituto Boliviano de Normalización y Calidad
IA	Inteligencia Artificial
IPER	Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos
ISO	International Organization for Standardization (Organización internacional de Normalización)
PXP	Programación Extrema Personal
MTEPS	Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social
NTS	Norma Técnica de Seguridad
NB	Norma Boliviana
OHS	Occupational Health and Safety (Salud y Seguridad Ocupacional)
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series (Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional)
OHSMS	Occupational Health and Safety Management System
OIT	Organización Internacional del Trabajo
PGSST	Programa de Gestión de Salud y Seguridad en el Trabajo
PyME	Pequeña y Mediana Empresa
SGIA	Sistema de Gestión de Inteligencia Artificial
SGSSO	Sistemas de Gestión de Salud y Seguridad Ocupacional
SGSST	Sistemas de Gestión de Salud y Seguridad en el Trabajo
SST	Seguridad y Salud en el Trabajo
SySO	Salud y Seguridad Ocupacional
XP	Programación Extrema

ÍNDICE DE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
1. Introducción	17
1.1. Motivación	18
1.2. Planteamiento del Problema	19
1.3. Definición del Problema	21
1.3.1. Árbol de Problemas	21
1.4. Objetivos	22
1.4.1. Objetivo general	22
1.4.2. Objetivos específicos	22
1.5. Justificación	23
1.5.1. Justificación legal	23
1.5.2. Justificación tecnológica	23
1.5.3. Justificación social	23
1.6. Delimitación	24
1.6.1. Límites	24
1.6.2. Alcances	24
2. Marco teórico y legal	27
2.1. Salud y Seguridad Ocupacional	27
2.1.1. Conceptos Fundamentales	27
2.1.1.1. Seguridad Ocupacional	28
2.1.1.2. Salud Ocupacional	28
2.1.1.3. Higiene Ocupacional	28
2.1.1.4. Enfermedad Ocupacional	28

2.1.1.5. Sistema de Gestión de Riesgos Ocupacionales	28
2.1.2. Accidentes e Incidentes Ocupacionales	29
2.1.3. Factores de accidentes	29
2.1.3.1. Actos Inseguros	29
2.1.3.2. Condición Insegura	30
2.1.4. Ingeniería de Seguridad	30
2.1.5. Práctica de Seguridad	30
2.1.6. Investigación de accidentes	31
2.1.7. Peligro	31
2.1.8. Riesgo	31
2.1.8.1. Riesgo Físico	31
2.1.8.2. Riesgo Mecánico	31
2.1.8.3. Riesgo Químico	32
2.1.8.4. Riesgo Biológico	32
2.1.8.5. Riesgo Psicosocial	32
2.1.8.6. Riesgo Ergómico	32
2.1.8.7. Riesgo Aceptable	32
2.1.9. Condiciones de Trabajo	32
2.1.9.1. Iluminación	32
2.1.9.2. Estrés Térmico	33
2.1.9.3. Sonometría	33
2.1.9.4. Ventilación	33
2.1.9.5. Señalización	33
2.1.9.6. Ergonomía	34
2.1.9.7. Equipo de Protección Personal(EPP)	34
2.1.9.8. Comité Mixto	34
2.1.9.9. Inspección de Salud y Seguridad en el trabajo	35
2.2. Legislación Aplicable a la SySO	35
2.2.1. Contexto Histórico	35
2.2.2. Normativa obligatoria	36
2.2.2.1. Constitución Política del Estado	36
2.2.2.2. Ley General del Trabajo	36

2.2.2.3.	Reglamento de la Ley General de Trabajo	37
2.2.2.4.	Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar	37
2.2.2.5.	Disposiciones Complementarias	38
2.2.3.	Normativa voluntaria	39
2.2.3.1.	NB/ISO 62005:2005	41
2.2.3.2.	NB/ISO 55001:2005	41
2.2.3.3.	NB/ISO 51002:2012	41
2.2.3.4.	NB/ISO 7243:2018	41
2.2.3.5.	NB/ISO 45001:2018	41
2.2.3.6.	NB/ISO 51001:2022	42
2.2.3.7.	NB/ISO 58005:2022	42
2.2.3.8.	NB/ISO 11226:2022	42
2.3.	Metodologías de Desarrollo de Software	42
2.3.1.	Programación Extrema	43
2.3.2.	Programación Extrema Personal	44
2.3.2.1.	Técnica MoSCoW	46
2.3.3.	Software como Servicio	46
2.4.	Análisis y Evaluación de Software	47
2.4.1.	Estándar ISO 25000:2014	47
2.4.2.	Método Objetivo-Pregunta-Métrica	48
2.5.	Inteligencia Artificial	48
2.5.1.	Aprendizaje	49
2.5.2.	Redes Neuronales	50
2.5.3.	Visión Computacional	50
2.5.4.	Procesamiento de Lenguaje Natural(PLN)	51
2.5.5.	Modelos de Lenguaje Multimodales	52
2.5.6.	Evaluación de Modelos	52
2.5.7.	Generación de Lenguaje Natural	53
2.5.8.	Generación de Descripciones de Imágenes	54
3.	Captura y Análisis de Requisitos	55
3.1.	Propuesta de Proyecto de Grado	55
3.1.1.	Análisis de Requisitos	55

3.1.2. Casos de Uso	58
3.1.3. Selección de Tecnologías	60
3.1.4. Arquitectura del Sistema	61
3.2. Análisis de Costos	63
3.2.1. Costos de Desarrollo	64
3.2.2. Costos de Infraestructura	65
3.2.2.1. Servidores y Almacenamiento	65
3.2.2.2. Red y Seguridad	66
3.2.2.3. Costos Totales de Infraestructura	66
3.2.3. Inversión Total Inicial	67
3.3. Cronograma de actividades	67
3.4. Índice tentativo	68
Bibliografía	79
A. Entrevista: Ing Paola Aliendre	
B. Desarrollo de prototipos	
C. Diagrama Gantt del Proyecto	
A. Solicitud de información al MTEPS	
B. Parámetros: COCOMO intermedio	
C. Normal Técnica de Seguridad 009/23	

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El rendimiento de una empresa está estrechamente relacionado con la satisfacción y motivación de sus empleados (Krekel et al. 2019). Garantizar un entorno laboral seguro y saludable promueve el bienestar físico y emocional de los trabajadores, incrementando la productividad y eficiencia organizacional (Martínez Salazar et al. 2021). Es responsabilidad de la empresa asegurar la seguridad y salud en el trabajo para sus empleados y cualquier persona afectada por sus operaciones (Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social 1979). La implementación de un Sistema de Gestión de la Salud y Seguridad en el Trabajo (SST) tiene como objetivo proporcionar un entorno seguro, prevenir lesiones y enfermedades laborales, y mejorar continuamente el desempeño en SST (International Organization for Standardization 2018).

La Norma Técnica de Seguridad (NTS) N° 009/23, aprobada en Bolivia en 2023, establece directrices obligatorias para la presentación y aprobación de los Programas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (PGSST). Estos programas buscan prevenir riesgos laborales, accidentes y enfermedades ocupacionales, alineándose con la normativa legal vigente para priorizar el bienestar de los trabajadores (Cahuasiquita Loza et al. 2022).

A pesar de su importancia para la competitividad empresarial y la cultura organizacional (Moran-Fuentes et al. 2022), la implementación de PGSST en Bolivia enfrenta desafíos como la falta de conciencia, resistencia empresarial y falta de recursos. Muchas empresas aún no se han adaptado completamente, exponiéndose a sanciones (Morant et al. 2011).

En este contexto, surge la necesidad de herramientas innovadoras que faciliten la planificación y gestión eficiente de los PGSST. Este proyecto propone el desarrollo de un prototipo de software basado en transformadores multimodales, una tecnología avanzada de inteligencia

artificial que integra diferentes tipos de datos para optimizar tareas complejas (Xu et al. 2023).

1.1 Motivación

La adopción de mejoras tecnológicas en la seguridad y salud ocupacional (SySO) es crucial debido al crecimiento y la demanda en esta área. Desde la apertura del registro de profesionales SySO, tras la emisión de la NTS-009/18 en abril de 2019, el número de registrados ha aumentado rápidamente. Llegando a alcanzar máximos históricos en 2021, como se muestra en la Figura 1.1. Actualmente, existen 3202 registros activos, con una tasa de crecimiento anual del 59 %.



Figura 1.1. Registro de profesionales SySO: (a) Mensual (b) Anual.

Elaboración propia a partir de datos del Registro Nacional de Profesionales Técnicos de Higiene, Seguridad Ocupacional y Medicina del Trabajo

Paralelamente, la base empresarial en Bolivia ha crecido a un ritmo anual del 4 %, con un total de 372,969 empresas registradas hasta agosto de 2023 (Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural 2024). Esto equivale a aproximadamente 116 empresas por cada profesional SySO registrado, lo que resalta la creciente demanda de profesionales capacitados. Este desbalance subraya la importancia de mejorar la eficiencia y efectividad de los servicios de SySO.

Cada empresa debe elaborar un PGSST para cada establecimiento laboral, independientemente de su tamaño o ubicación, debido a los riesgos específicos de cada lugar. Además, todos los estudios y monitoreos deben ser realizados por profesionales con credencial categoría A, quienes representan un 56 % de los registros activos (Figura 1.2). Esto plantea un reto considerable para cumplir con las normativas de seguridad y salud ocupacional.

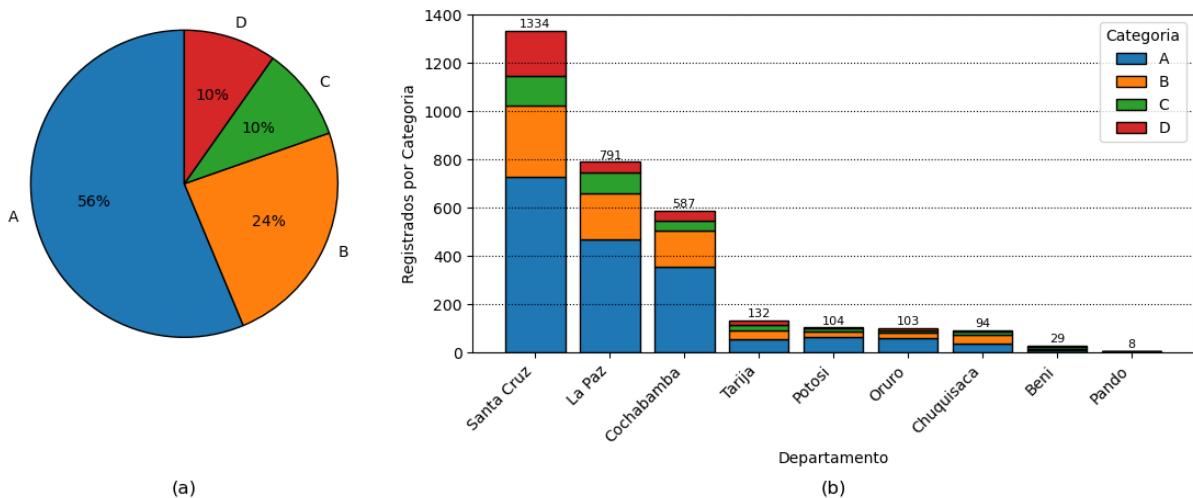


Figura 1.2. Profesionales SST activos: Distribución de categorías (a) porcentual (b) por departamento.
Elaboración propia a partir de datos del Ministerio Trabajo, Empleo y Previsión Social

La adopción de mejoras tecnológicas en esta área no solo facilitaría el cumplimiento de las normativas, sino que también optimizaría los recursos disponibles, asegurando una mejor protección para los trabajadores y una mayor eficiencia para las empresas.

1.2 Planteamiento del Problema

Entrevistas con profesionales en SySO, adjuntas en el Apéndice A, revelaron que aproximadamente el 20 % del tiempo dedicado al desarrollo de un PGSST se invierte en el llenado de formularios y otras actividades administrativas. Además, como se muestra en la Figura 1.3, cuatro de las trece secciones de contenido técnico requeridas por la NTS-009/23 consumen el 80 % del tiempo destinado a la elaboración de los PGSST. Las etapas de planificación y la elaboración del plan de emergencia son las que más tiempo requieren.

En particular, el cuarto punto del contenido técnico de un PGSST ocupa el 40 % del tiempo total de desarrollo del programa, enfocado en la planificación de las actividades relacionadas con la seguridad y salud laboral. La Figura 1.4 ilustra el desarrollo de estas actividades, que incluyen la identificación de peligros, evaluación de riesgos, determinación de controles y elaboración de un plan de acción (Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social 2023b).

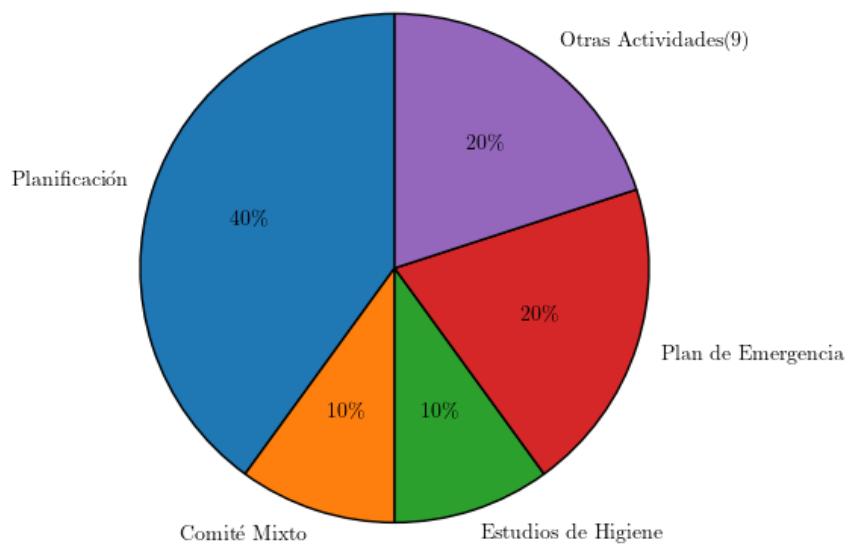


Figura 1.3. Distribución porcentual de tiempo en la elaboración de las secciones del Contenido Técnico de un PGSST. Elaboración propia a partir de entrevista (Apéndice A).

El proceso comienza con una visita a la ubicación que requiere el servicio, observando el estado actual, tomando registros fotográficos y realizando entrevistas con los trabajadores. Con esta información, el profesional identifica los peligros potenciales, actividad que constituye el 20 % del tiempo total de planificación. La evaluación de riesgos, donde se determina la probabilidad y gravedad de los riesgos, representa el 30 % del tiempo de planificación.

Una vez evaluados los riesgos, se procede a determinar los controles necesarios para eliminarlos o minimizarlos, etapa que ocupa el 20 % del tiempo total. Esta metodología de la Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPER) categoriza y evalúa cuantitativamente todos los peligros, además de ofrecer recomendaciones de solución (Chopitea Cantos et al. 2014).

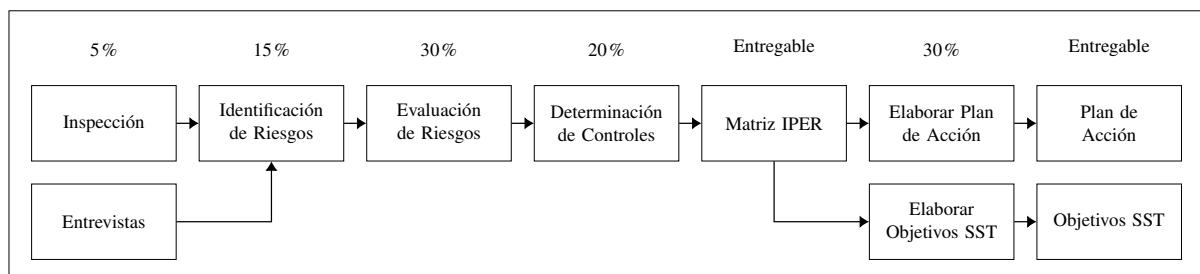


Figura 1.4. Distribución de tiempo en el proceso de desarrollo del punto cuatro “Planificación” de acuerdo al contenido técnico de un PGSST solicitado por la NTS-009/23.

Finalmente, se elabora un plan de acción que incluye medidas de control, responsables, plazos y recursos necesarios, abarcando el 30 % del tiempo de planificación. Este plan de acción asegura que todas las acciones se ejecuten de manera ordenada y dentro de los plazos establecidos, siendo uno de los aspectos más satisfactorios profesionalmente para los especialistas en Seguridad y Salud Ocupacional (Apéndice A).

1.3 Definición del Problema

Los profesionales SySO de categoría A dedican mediante el método manual un 60 % del tiempo total de desarrollo de un PGSST en llenado de formularios y planificación.

1.3.1 Árbol de Problemas

Una vez definido el problema central que se plantea resolver, se realiza el árbol de problemas, como se puede observar en la Figura 1.5, permitiendo un análisis a profundidad de las causas y efectos de la problemática estudiada.

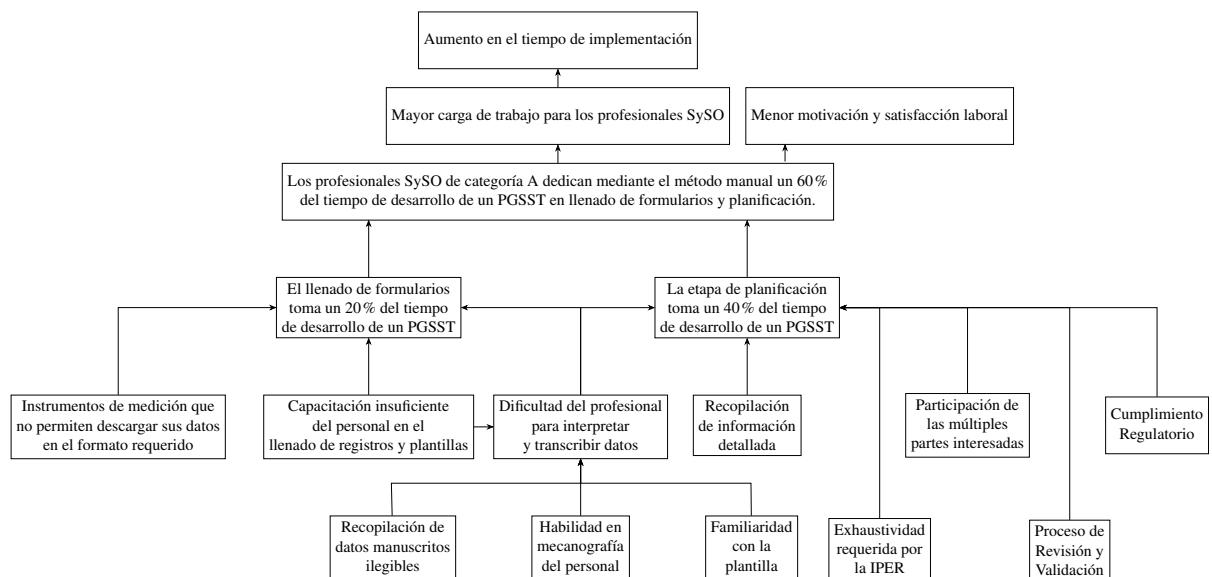


Figura 1.5. Árbol de problemas y objetivos. Fuente: Elaborado por el Autor.

El problema identificado es que los profesionales de SySO de categoría A dedican un 60 % del tiempo de desarrollo de un PGSST al llenado de formularios y la planificación de manera manual. Las causas de este problema se dividen en varias áreas clave. En primer lugar, el llenado de formularios consume un 20 % del tiempo total de desarrollo del PGSST. Este consumo de tiempo se debe en gran medida a la capacitación insuficiente del personal

en el llenado de registros y plantillas, y al uso de instrumentos de medición que no permiten descargar datos en el formato requerido, obligando a transcribir manualmente los datos.

Por otro lado, la etapa de planificación toma un 40 % del tiempo total de desarrollo del PGSST. Esta fase se ve afectada por la habilidad del profesional para interpretar y transcribir datos, la necesidad de recopilar información detallada, y la participación de múltiples partes interesadas. Además, el cumplimiento de exhaustivas regulaciones incrementa el tiempo de planificación, al igual que el proceso de revisión y validación del plan, que también consume tiempo significativo. A estas dificultades se suma la recopilación de datos manuscritos, pudiendo resultar en documentos ilegibles, la habilidad en mecanografía del personal, que puede ser inadecuada para el ritmo necesario, y la falta de familiaridad con las plantillas y herramientas utilizadas.

En consecuencia, los profesionales SySO enfrentan una mayor carga de trabajo debido al tiempo invertido en tareas manuales, lo que puede llevar a estrés y agotamiento. Esta carga excesiva de trabajo y las tareas repetitivas y tediosas pueden reducir la motivación y satisfacción laboral de los profesionales. Además, el tiempo adicional necesario para completar las tareas manuales retrasa la implementación del PGSST.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Desarrollar un prototipo de software basado en transformadores multimodales para disminución del tiempo que los profesionales SySO de categoría A invierten en la planificación y el llenado de formularios al elaborar un PGSST.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Identificar los requisitos funcionales y no funcionales del proceso de desarrollo de los documentos requeridos por la NTS-009/23.
- Diseñar la arquitectura del sistema, incluyendo la estructura general, los componentes principales y las tecnologías a utilizar.
- Implementar sistema de generación de procesamiento de entradas multimodales, matrices IPER, planes de acción y llenado de formularios siguiendo la metodología PXP.

- Verificar la reducción del tiempo de trabajo mediante la implantación del software.

1.5 Justificación

A continuación, se presentan las diferentes justificaciones por las cuales se está desarrollando el presente proyecto.

1.5.1 Justificación legal

En el marco normativo vigente en Bolivia la NTS-009/23 establece de manera explícita los requisitos que deben cumplir todas las empresas y lugares de trabajo, tanto nacionales como extranjeros, en relación con la seguridad y salud ocupacional. Esta normativa especifica la obligación de desarrollar y mantener PGSST que aseguren un entorno laboral seguro y saludable para todos los trabajadores. En particular, en el capítulo tres “del contenido técnico”, artículo diez, punto cuatro, inciso c, se define la necesidad de presentar un plan de acción. A su vez, los resultados de la matriz IPER son fundamentales para elaborar los objetivos de SST, el plan de acción, los estudios de higiene, los permisos de trabajo, el cronograma anual de capacitaciones y el manual de primeros auxilios. Al disminuir el tiempo de desarrollo de los programas se facilita el cumplimiento de la normativa.

1.5.2 Justificación tecnológica

El proyecto propone un avance en la implementación de soluciones tecnológicas que optimicen el tiempo y la eficiencia en la elaboración de los PGSST. Utilizando transformadores multimodales, se busca automatizar y simplificar el proceso de llenado de formularios y la planificación de actividades, tareas que actualmente consumen una gran cantidad de tiempo y recursos. La automatización permitirá a los profesionales SySO de categoría A concentrarse en aspectos más críticos y estratégicos de la gestión de seguridad y salud ocupacional, aumentando la calidad y precisión del trabajo realizado.

1.5.3 Justificación social

Los profesionales SySO de categoría A son los beneficiados directamente por este sistema. Se espera la reducción del tiempo invertido en tareas administrativas les permitirá enfocar sus esfuerzos en actividades que aportan mayor valor a la seguridad y salud de los

trabajadores. Este enfoque mejorado no solo aumenta la satisfacción y eficiencia profesional, sino que también contribuye a un entorno laboral más seguro y saludable.

1.6 Delimitación

1.6.1 Límites

Los límites del proyecto se describen a continuación:

- El contenido de los documentos generados por el software estará delimitado por los requerimientos técnicos y los correspondientes entregables expuestos en NTS-009/23.
- El contenido generado por el software deberá estar en conformidad con la norma ISO 45001:2018, la norma internacional para sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SGSST).
- Para utilizar la aplicación, se deberá estar conectado a internet. En caso de no estar conectado a internet, no se tendrá acceso a la aplicación.
- El software no contará con herramientas especializadas en la automatización de los estudios de higiene. Se limitará a plantillas para llenar y automatizar el análisis de los datos recolectados por “un profesional inscrito y con credencial categoría A vigente en el Registro Nacional de Profesionales Técnicos de Higiene, Seguridad Ocupacional y Medicina del Trabajo” (Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social 2023b).

Las exclusiones del proyecto son las siguientes:

- No se implementarán módulos de audio, inteligencia artificial, interfaz de usuario y entrada desde cero; se utilizarán bibliotecas open-source disponibles.
- No se implementarán módulos dirigidos a capacitar trabajadores en el llenado de registros o plantillas generadas.
- El proyecto no estará dirigido a empresas o sectores que requieran normativa o procedimientos particulares, como es el caso de la industria petrolera.

1.6.2 Alcances

El alcance del proyecto incluirá:

- Desarrollo de un prototipo funcional del software propuesto.

- Documentación de la investigación de las tecnologías que se utilizarán para el desarrollo del software final.
- Presentación de los siguientes diagramas: diagrama UML estructural de clases del sistema, diagrama de cadena de procesamiento de datos y diagrama entidad-relación de la base de datos.
- Documentación del desarrollo del software, que incluirá los detalles del desarrollo de un PGSST y un manual de usuario.
- Realización de pruebas del prototipo del sistema en colaboración con 5 profesionales.

De acuerdo con la normativa vigente, todo Programa de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (PGSST) y cada una de sus partes deben ser aprobados por personal debidamente registrado y con credenciales vigentes en el Registro Nacional de Profesionales y Técnicos en Higiene, Seguridad Ocupacional y Medicina del Trabajo. Este registro está a cargo del Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social (MTEPS), conforme a lo establecido en la normativa legal vigente (Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social 2023b).

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO Y LEGAL

2.1 Salud y Seguridad Ocupacional

La SySO se fundamenta en una serie de objetivos y disposiciones legales que buscan garantizar condiciones óptimas de salud, higiene y seguridad en el entorno laboral. Estas directrices están diseñadas para proteger la integridad física y mental de los trabajadores, así como salvaguardar el medio ambiente de riesgos que puedan afectar la salud y el equilibrio ecológico. La colaboración entre el Estado, empleadores y trabajadores es esencial para alcanzar estos objetivos, asegurando la implementación efectiva de normas que regulen las condiciones laborales y el entorno de trabajo. Estas disposiciones se extienden a diversas actividades económicas y sociales, abarcando desde entidades públicas y privadas hasta instituciones educativas y organizaciones cooperativas, con el propósito de asegurar un ambiente laboral seguro y saludable para todos los trabajadores, excluyendo únicamente aquellas actividades específicas relacionadas con las fuerzas armadas, la seguridad del estado y las labores domésticas en el hogar del empleador. (Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social 1979)

2.1.1 *Conceptos Fundamentales*

En el ámbito de la salud y seguridad ocupacional, diversos conceptos fundamentales han surgido como herramientas esenciales para los profesionales en la prevención de riesgos laborales. Estos conceptos no solo son parte integral del vocabulario en este campo, sino que también facilitan la comprensión y resolución de desafíos relacionados con la seguridad en entornos laborales diversos y cambiantes.

2.1.1.1 *Seguridad Ocupacional*

La Ley General de Higiene y Seguridad Ocupacional y Bienestar define a la Seguridad Ocupacional como el conjunto de reglas y procedimientos de carácter técnico, legal y administrativo, cuyo objetivo es salvaguardar al trabajador de los peligros que puedan afectar su bienestar físico y sus consecuencias. Además, busca asegurar la continuidad del proceso de producción y la preservación del patrimonio del lugar de trabajo (Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social 1979).

2.1.1.2 *Salud Ocupacional*

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) (1997) define a la Salud Ocupacional como la “salud física y mental de los trabajadores y comprende el estudio de métodos de trabajo, condiciones de trabajo y factores que en el medio ambiente de trabajo pueden causar enfermedades o lesiones”.

2.1.1.3 *Higiene Ocupacional*

La higiene ocupacional se refiere al conjunto de procedimientos y reglas dedicados al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones que surgen en situaciones laborales y que pueden causar enfermedades ocupacionales o afectar la salud (Brauer 2022).

2.1.1.4 *Enfermedad Ocupacional*

Según la OIT, se define a las enfermedades ocupacionales como cualquier enfermedad adquirida debido a la exposición a peligros laborales (Valverde-Mendoza 2022). Es de importancia distinguir las enfermedades generales que afectan la salud de una persona independientemente de las condiciones laborales y las enfermedades laborales que son causadas o agravadas por factores específicos del trabajo como accidentes laborales, condiciones durante el embarazo, maternidad, paternidad y otros riesgos laborales.

2.1.1.5 *Sistema de Gestión de Riesgos Ocupacionales*

También denominado como Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SGSSO o SGSST) es un marco proactivo que ayuda a las organizaciones a proteger a las personas de lesiones ocupacionales y enfermedades. Está diseñado para ser utilizado por organizaciones, independientemente de su tamaño e industria (Soltanifar 2022).

2.1.2 Accidentes e Incidentes Ocupacionales

El diccionario define un accidente como un suceso inesperado o no intencionado. Otras definiciones entienden al termino como a los eventos que causan daño o pérdida. Sin embargo, estas definiciones pueden crear problemas en el campo de la seguridad ocupacional, ya que sugieren casualidad y falta de control; Razón por la cual algunas organizaciones prefieren usar el término “incidente” para evitar la idea de causalidad asociada con el termino “accidente”. Por este motivo, se redefine el termino accidente en el area de la SySO como una “serie de eventos inesperados y no planificados, originados por acciones inseguras, condiciones inseguras o ambos, los cuales pueden provocar efectos no deseados inmediatos o diferidos” (Brauer 2022). Bajo esta definición resulta necesario definir lo que son tanto las condiciones inseguras como las acciones inseguras.

2.1.3 Factores de accidentes

La comprensión de los factores que contribuyen a los accidentes y incidentes ocupacionales es fundamental para promover entornos laborales seguros y saludables. Estos factores se dividen en dos categorías principales: actos inseguros y condiciones inseguras. Identificar y abordar estos elementos esenciales puede ayudar a prevenir una amplia gama de eventos no deseados en el lugar de trabajo.

2.1.3.1 Actos Inseguros

La Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar (Decreto Ley 16998) define como acto inseguro a la “acción y/o exposición no necesaria del trabajador al riesgo, susceptible de causar accidentes” (MTEPS 1979). Es crucial reconocer estas acciones para identificar áreas de mejora en la seguridad laboral así como las causas de un accidente. Por ejemplo, en el caso de la Administradora de Fondos de Pensiones (AFP) a la que se debe denunciar los accidentes de trabajo para asegurar la atención y los beneficios adecuados para los trabajadores afectados, así como para cumplir con la normativa (Gobierno de Bolivia 2004) clasifica los actos inseguros en las siguientes categorías:

- Trabajos sin autorización.
- Operaciones a velocidad inadecuada.
- Herramientas y equipos defectuosos.
- Empleo inadecuado de herramientas, equipos, materiales, vehículos, etc.
- Uso de equipos defectuosos o inseguros.
- Inadecuado uso de EPP.
- Forma defectuosa e insegura de manipular, apilar, mezclar o almacenar.
- Manera defectuosa e insegura de levantar y llevar pesos.
- Adoptar posturas inseguras y defectuosas.
- Ajustar maquinaria en movimiento.
- Falta de atención laboral o causar incomodidad a otros.

2.1.3.2 Condición Insegura

En el Decreto Ley 16998, se define como condición insegura a “toda condición física o ausencia de norma, susceptible de causar accidente” (MTEPS 1979). Estas condiciones son situaciones o circunstancias laborales que aumentan el riesgo de accidentes o lesiones. Identificar y corregirlas es esencial para promover la seguridad laboral. A continuación se presentan algunas categorías de condiciones inseguras según la clasificación de las AFP:

- Resguardo inadecuado (máquinas).
- Sin resguardo (máquinas).
- Herramientas y equipos defectuosos.
- Herramientas equipos inadecuados.
- Construcción insegura.
- Vestimenta de trabajo inadecuada.
- Vestimenta de trabajo defectuosa.
- Falta de equipo de protección personal.
- Señalización inadecuada.
- Señalización defectuosa.
- Señalización existente.
- Hacinamiento, falta de orden y limpieza.
- Fatiga física.
- Deficiencias físicas (Miopía, sordera, etc).
- Deficiencias psíquicas.

2.1.4 Ingeniería de Seguridad

La ingeniería de seguridad es la aplicación de principios de ingeniería para el reconocimiento y control de peligros (Brauer 2022).

2.1.5 Práctica de Seguridad

La práctica de seguridad implica el reconocimiento (y a veces la anticipación), evaluación y control (ingeniería o administrativo) de peligros y riesgos, así como la gestión de estas actividades (Brauer 2022).

2.1.6 *Investigación de accidentes*

Se define como el proceso sistemático que se sigue al investigar un accidente, desde antes de que ocurra hasta el momento en que se identifican claramente las causas y circunstancias que contribuyeron a que sucediera dicho evento (MTEPS 1979).

2.1.7 *Peligro*

Un peligro es una fuente o situación que tiene el potencial de causar daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, impactos ambientales o una combinación de estos.

2.1.8 *Riesgo*

El riesgo se define como la combinación de la probabilidad P de que ocurra un evento o exposición peligrosa y la severidad S de las lesiones, daños o deterioro de la salud que pueden resultar de dicho evento o exposición (Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social 2018). Por lo tanto, es crucial para la ingeniería de seguridad establecer métodos y criterios claros para que los profesionales en SySO determinen el valor de estas variables. Es importante tener en cuenta que esta evaluación implica un componente **subjetivo** del potencial de riesgo.

En el contexto de la evaluación de riesgos laborales, se identifican diversas categorías que representan los tipos principales de riesgos a los que pueden estar expuestos los trabajadores. A continuación se detallan estas categorías y los tipos de riesgos asociados a cada una (Cahuasiquita Loza et al. 2022).

2.1.8.1 *Riesgo Físico*

Se refiere a los riesgos derivados de factores ambientales como temperatura, iluminación, ruido, vibraciones, radiaciones no ionizantes, entre otros, que pueden afectar la salud del trabajador.

2.1.8.2 *Riesgo Mecánico*

Este riesgo se relaciona con el uso de maquinaria y equipos en el lugar de trabajo, incluyendo riesgos asociados con movimientos mecánicos, como atrapamientos, cortes, golpes o caídas de objetos.

2.1.8.3 Riesgo Químico

El riesgo químico está vinculado a la exposición a sustancias químicas peligrosas que pueden causar daños agudos o crónicos a la salud, como intoxicaciones, alergias o enfermedades respiratorias.

2.1.8.4 Riesgo Biológico

Se refiere a los riesgos relacionados con la exposición a microorganismos patógenos, como bacterias, virus u hongos, que pueden provocar infecciones o enfermedades en los trabajadores.

2.1.8.5 Riesgo Psicosocial

Este riesgo considera aspectos psicológicos y sociales del trabajo que pueden afectar la salud mental y emocional de los trabajadores, como estrés laboral, acoso o violencia en el entorno laboral afectando de manera cognitiva, emocional y conductual a las personas en su entorno laboral.

2.1.8.6 Riesgo Ergómico

El riesgo ergonómico se relaciona con las condiciones del puesto de trabajo que pueden causar fatiga o lesiones musculo esqueléticas debido a posturas incómodas, movimientos repetitivos o manipulación de cargas.

2.1.8.7 Riesgo Aceptable

El riesgo aceptable se refiere al nivel de riesgo que, después de una evaluación adecuada, se considera tolerable para las operaciones y actividades, dentro de ciertos límites aceptables de seguridad y salud ocupacional (International Organization for Standardization 2018). Este nivel puede variar según las normativas y políticas de seguridad vigentes.

2.1.9 Condiciones de Trabajo

2.1.9.1 Iluminación

Es esencial contar con la iluminación correcta en el entorno laboral para asegurar la seguridad y el rendimiento óptimo de los empleados. La cantidad de luz en el área específica de trabajo debe ser adecuada para facilitar la realización segura y eficiente de las tareas, previniendo la fatiga visual y los peligros relacionados con una iluminación insuficiente. La atención se

centra en la luz disponible en el lugar exacto donde se realiza la actividad laboral, más que en la iluminación general del espacio. En Bolivia el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) desarrolló la Norma Bolivia (NB) 51002:2012 que determina las “Condiciones mínimas de niveles de Iluminación en los lugares de trabajo” así como también establece una metodología para identificar la cantidad de puntos de muestreo en un salón (IBNORCA 2012).

2.1.9.2 *Estrés Térmico*

El estrés térmico se refiere a la combinación de la temperatura del entorno y el calor generado por el cuerpo durante el metabolismo. El objetivo de controlar este estrés es determinar si los trabajadores están enfrentando temperaturas elevadas en sus puestos laborales críticos. En Bolivia, la norma NB/ISO 7243:2018 proporciona un método para evaluar el estrés térmico al que está expuesta una persona tanto interiores como exteriores y determinar si existe o no estrés por calor. Este método se utiliza para evaluar el efecto del calor en una persona durante su exposición total durante la jornada laboral (hasta 8 horas), y no se aplica a exposiciones muy breves al calor (IBNORCA 2018).

2.1.9.3 *Sonometría*

La sonometría se refiere al estudio y la medición de los niveles de ruido, considerando como ruido a cualquier sonido no deseado que cause molestias, perjuicios o impactos negativos en la salud humana o en los seres vivos (IBNORCA 2005). La NB 62005:2005 establece los límites máximos permisibles de exposición de los trabajadores a ruido en el ambiente de trabajo durante la jornada laboral.

2.1.9.4 *Ventilación*

La norma NB 51001:2022 define la ventilación como el movimiento de aire y/o la sustitución por aire fresco, ya sea por efecto del viento, gradientes de temperatura o medios mecánicos (IBNORCA 2012). En el contexto industrial, la ventilación implica el uso de tecnología para eliminar el exceso de polvo, humo y partículas suspendidas presentes en diversos materiales, con el propósito de proporcionar a los empleados un ambiente de trabajo limpio y saludable para respirar.

2.1.9.5 *Señalización*

La señalización se refiere a cualquier método básico y universal de comunicación

destinado a evitar peligros, prohibir ciertas acciones o proporcionar instrucciones claras sobre el uso de instalaciones, vías o equipos (MTEPS 1979:406). La misma es de carácter obligatorio y bajo responsabilidad del empleador en todo centro de trabajo.

2.1.9.6 *Ergonomía*

También conocida como ingeniería humana, la ergonomía es una disciplina que busca mejorar la interacción entre las personas, las máquinas y el entorno laboral. Su objetivo es ajustar los puestos de trabajo, los ambientes y la organización laboral a las capacidades y limitaciones de las personas, con el fin de reducir el estrés y la fatiga, y así mejorar el rendimiento y la seguridad de los trabajadores (MTEPS 2023a). En Bolivia a partir de la NTS 009/23, se vuelve obligatorio llevar a cabo estudios y monitoreos ergonómicos. Se destaca los estándares ISO 11228 y la ISO 11226, que abordan aproximadamente el 90 % de los desafíos asociados con trabajos operativos que no implican una rutina sedentaria de oficina. Estas normas son fundamentales para prevenir trastornos musculo esqueléticos y otros daños derivados de la actividad física a lo largo de la vida laboral (IBNORCA 2023). Cubren criterios y factores de riesgo ergonómicos, incluyendo el levantamiento y transporte manual de cargas (ISO 11228-1), el empuje y la tracción de cargas (ISO 11228-2), los movimientos repetitivos de las extremidades superiores (ISO 11228-3) y la evaluación de posturas estáticas de trabajo (ISO 11226).

2.1.9.7 *Equipo de Protección Personal(EPP)*

El EPP comprende las prendas necesarias que los trabajadores deben usar durante sus labores diarias en la empresa para proteger su integridad física. Las mismas comprenden protecciones para oídos, ojos, sistema respiratorio, tronco, brazos, manos, piernas, calzado e indumentaria especializada para evitar caídas, llamar la atención y salvaguardar la integridad del trabajador. También se incluyen los elementos de protección, que son las características incorporadas en las máquinas para salvaguardar la seguridad de los operarios y cualquier persona cercana a ellas.

2.1.9.8 *Comité Mixto*

Definido como la representación paritaria de los empleadores y trabajadores de una empresa que tiene por fin velar por el cumplimiento de las medidas de prevención de riesgos ocupacionales (Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social 2022).

2.1.9.9 *Inspección de Salud y Seguridad en el trabajo*

La inspección de Seguridad y Salud en el trabajo es una función técnico-legal que tiene como objetivo verificar el cumplimiento de las normativas vigentes (MTEPS 1979). Implica un análisis detallado a través de la observación directa de instalaciones, equipos y procesos laborales para identificar peligros y evaluar riesgos en cada puesto. Durante estas inspecciones, se busca resaltar aspectos positivos y detectar áreas de mejora, utilizando las observaciones para hacer recomendaciones concretas que prevengan accidentes y enfermedades laborales. Esta metodología no solo busca corregir deficiencias, sino también fortalecer las condiciones de seguridad existentes.

2.2 Legislación Aplicable a la SySO

2.2.1 *Contexto Histórico*

Históricamente, las primeras disposiciones de orden legal aparecieron a principios del siglo XX. Comenzando con las primeras disposiciones en 1905 sobre pensiones de retiro para maestros hasta la promulgación de la Nueva Ley de Pensiones en 1996, se observa un progreso gradual en la protección de los trabajadores y la promoción de la salud ocupacional en el país. Se destacan hitos importantes como la creación de la Ley de Accidentes de Trabajo en 1924, que estableció las bases para la indemnización de trabajadores enfermos o accidentados, así como la obligatoriedad de exámenes médicos y normas de higiene y seguridad industrial en todas las industrias. El establecimiento de la Caja de Seguro y Ahorro Obrero en 1935 y la posterior creación del Ministerio del Trabajo y Previsión Social en 1936 reflejan un mayor compromiso del gobierno con la protección de los derechos laborales. En mayo de 1939 se promulgó la Ley General del Trabajo, que consolidó y organizó todas las disposiciones laborales hasta entonces. Esta ley estableció normas relacionadas con la asistencia médica, la vivienda para los trabajadores, los riesgos laborales y las indemnizaciones, entre otros aspectos (Morant et al. 2011).

A lo largo de las décadas siguientes, se observa un esfuerzo continuo por mejorar las condiciones de trabajo y la atención médica para los trabajadores, con la creación de instituciones como el Instituto Nacional de Salud Ocupacional y la implementación de programas de evaluación médica y seguridad industrial en diversas industrias. La promulgación de la Ley General de Seguridad Ocupacional y Bienestar en 1979 marcó un hito importante al regular todas

las medidas relacionadas con la protección del trabajador en el ambiente laboral. Finalmente, la reforma del Seguro Social en 1996 representó un paso significativo hacia la modernización del sistema de pensiones y la garantía de la seguridad financiera para los trabajadores en el largo plazo, consolidando así décadas de esfuerzos en el ámbito de la salud ocupacional en Bolivia. Durante la década del 2000 al 2010, Bolivia experimentó cambios significativos bajo el gobierno de Evo Morales. Se promulgó una nueva Constitución Política del Estado y se propusieron leyes relacionadas con el trabajo y la seguridad social buscando mejorar las condiciones laborales y ampliar la cobertura del sistema de pensiones. Estas acciones reflejaron el compromiso del gobierno por fortalecer los derechos laborales y sociales, así como modernizar la seguridad social para beneficiar a la población trabajadora.

En este contexto, la Resolución Ministerial No. 1411 del 27 de diciembre de 2018 dejó sin efecto los Planes de Higiene, Seguridad Ocupacional y Manual de Primeros Auxilios. Mismos que constituían el mecanismo legal que tenían las empresas para cumplir la Ley General de Higiene y Seguridad Ocupacional y Bienestar, y se aprobó un nuevo mecanismo más eficiente denominado PSST o Programas de Seguridad y Salud en el Trabajo. Mismo que con la Resolución Ministerial No. 992/23 del 9 de junio del 2023 fue actualizada. La Norma NTS-009/23 define al PGSST o Programa de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo como: Documento que contiene el conjunto de actividades y mecanismos en materia de higiene, seguridad ocupacional y bienestar implementados en la empresa o establecimiento laboral.

2.2.2 *Normativa obligatoria*

2.2.2.1 *Constitución Política del Estado*

La Constitución Política del Estado (CPE) es el documento fundamental que regula cómo se estructura y opera el Estado, además de definir los derechos y responsabilidades de los ciudadanos. En su Artículo 46 establece que todas las personas tienen el derecho a un empleo digno, con condiciones seguras en el trabajo, higiene y salud ocupacional, sin discriminación, y con una remuneración justa y satisfactoria, que garantice una vida digna para ellos y sus familias (CPE 2009).

2.2.2.2 *Ley General del Trabajo*

La Ley General del Trabajo, promulgada el 8 de diciembre de 1942, establece los derechos y obligaciones relacionados con el trabajo en Bolivia. No se encuentran sujetos a las

disposiciones de esta ley los trabajadores agrícolas, funcionarios públicos y del ejercito. Se definen aspectos como el contrato de trabajo, las condiciones laborales y las sanciones por incumplimiento (Ediciones Nacionales Serrano 2019). Las disposiciones fundamentales referentes a la SySO se hallan principalmente en los artículos 67 al 96, distribuidos en los Títulos V, VI y VII de la ley (Cahuasiquita Loza et al. 2022). Estos abordan aspectos clave como la higiene, seguridad en el trabajo, asistencia médica, medidas de previsión social y riesgos profesionales.

2.2.2.3 *Reglamento de la Ley General de Trabajo*

El Reglamento de la Ley General de Trabajo proporciona directrices detalladas sobre cómo se debe implementar y cumplir la Ley General de Trabajo en las organizaciones. Este reglamento está estructurado en once títulos que abarcan diferentes aspectos relacionados con el ámbito laboral. Estos títulos van desde disposiciones generales hasta regulaciones específicas sobre contratos laborales, condiciones de trabajo, higiene y seguridad laboral, asistencia médica y previsión social, riesgos profesionales, organizaciones de trabajadores y patronos, conflictos colectivos del trabajo, prescripción y sanciones. Estos títulos proporcionan un marco completo para garantizar el cumplimiento y la aplicación efectiva de la legislación laboral en las empresas y organizaciones.

2.2.2.4 *Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar*

La Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar es un marco legal obligatorio que establece las responsabilidades del estado, empleadores y trabajadores en cuanto a la protección de la salud laboral. Esta legislación consta de dos libros, seis títulos, treinta y dos capítulos y un total de cuatrocientos quince artículos. Los primeros cincuenta y ocho artículos abordan aspectos estructurales, mientras que del 59 al 415 se centran en normativas técnicas (Ediciones Nacionales Serrano 2019). Se estructura en dos libros que detallan los requisitos mínimos para garantizar la salud y seguridad en el trabajo. El Libro I abarca la gestión integral de estos aspectos, desde normas generales hasta la organización de servicios y la definición de infracciones. Por otro lado, el Libro II se enfoca en las condiciones mínimas de higiene y seguridad, abordando aspectos técnicos específicos como la prevención de incendios, el manejo de maquinaria y sustancias peligrosas. En conjunto, esta legislación establece un marco completo para proteger la salud y bienestar de los trabajadores, con normativas detalladas que abarcan desde la organización del trabajo hasta medidas específicas de seguridad en distintos ámbitos laborales.

2.2.2.5 Disposiciones Complementarias

Las Resoluciones Ministeriales consisten en instrucciones o disposiciones dictadas por los ministerios, las cuales poseen autoridad legal y deben ser acatadas por las instituciones que están bajo su ámbito de competencia.

- **Resolución Ministerial N° 527/09**

La Resolución Ministerial 527/09, determina que los empleadores tienen la obligación de dotar ropa de trabajo y EPP desde el primer día de servicio de trabajadores potencialmente expuestos a riesgos ocupacionales.

- **Resolución Ministerial N° 849/14**

Esta resolución aprueba la “Norma de Señalización de Seguridad, Salud en el Trabajo y Emergencias de Defensa Civil”, la cual es la base de Guía de Señalización en la Industria (Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural 2019). El cumplimiento de la guía es de naturaleza obligatoria por parte del empleador.

- **Resolución Ministerial N° 437/22**

La Resolución Ministerial No. 437/2022 avala el Reglamento sobre la nominación de coordinadores, formación y toma de posesión de comités mixtos de higiene, seguridad ocupacional y bienestar”, además de una guía asociada. La normativa establece la obligatoriedad para empresas con más de 21 empleados de conformar un Comité Mixto, mientras que aquellas con 1 a 20 trabajadores deben designar un coordinador encargado de supervisar las condiciones laborales.

- **Resolución Ministerial N° 992/23**

La Resolución Ministerial del MTEPS N°992/23, emitida el 9 de junio de 2023, aprobó la ”Norma Técnica de Seguridad NTS-009/23 - Programa de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo”, así como la implementación del ”Sistema de Programas de Seguridad y

Salud en el Trabajo (PGSST)”.

- **NTS 009/23**

Esta norma establece las directrices de obligatorio cumplimiento para todas las empresas o establecimientos laborales, tanto nacionales como extranjeros en territorio nacional, respecto a la presentación y aprobación de los PGSST. En la Tabla 2.1 se especifican las actividades esenciales que realiza un especialista SySO para su elaboración. Estas actividades culminan en los siguientes trece grupos de documentos que deben subirse a la plataforma web institucional del MTEPS:

- Política de seguridad
- Descripción de los procesos
- Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos
- Estudios Monitoreos de Higiene
- Actividades de alto riesgo
- Descripción de las condiciones actuales
- Investigación de Accidentes
- Dotación de Ropa de Trabajo
- Inducción, Capacitación, concientización y comunicación
- Comité Mixto
- Inspección Internas en SST
- Plan de emergencia
- Medicina de Trabajo

Este programa tiene una vigencia de tres años a partir de la firma del Certificado de Aprobación Digital, que incluye el conjunto de actividades y mecanismos implementados en la empresa o establecimiento laboral en materia de higiene, seguridad ocupacional y bienestar (Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social 2023b).

2.2.3 Normativa voluntaria

En Bolivia, la implementación de normas técnicas voluntarias, lideradas por IBNOR-CA, desempeña un papel crucial en el avance industrial, comercial y social del país. Con un

Tabla 2.1. Descripción de actividades para la elaboración de PSST.

Nº	Actividad
1	Identificación de riesgos y evaluación de riesgos mediante la Matriz IPER
2	Estudios de Higiene
3	Descripción de la situación Actual e implementación de propuestas con respecto a: <ul style="list-style-type: none"> • Orden y limpieza • Infraestructura • Instalaciones eléctricas • Servicios higiénicos • Vestuario y casilleros • Equipos eléctricos • Maquinaria equipos y herramientas • Almacenamiento, manipulación y transporte de sustancias peligrosas • Gestión de residuos y señalización • Ergonomía
4	Planificación de Capacitaciones Generales y Específicas con respecto a la Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPER).
5	Organización y Conformación del Comité Mixto de Higiene y Salud Ocupacional.
6	Elaboración del Plan de Emergencia: <ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento de Evacuación • Procedimiento de Intervención • Manual de Primeros Auxilios
7	Evaluación de Técnico Social.

Fuente: Adaptado de “Diseño de un programa de seguridad y salud en el trabajo de acuerdo a la Norma Técnica de Seguridad NTS-009/18. Caso: Empresa de Embutidos y Fiambres “San Andrés”” (2022)

repertorio de más de 3.000 normativas, elaboradas a través de los Comités Técnicos de Normalización, se establece un robusto marco para impulsar la calidad, seguridad y eficacia de productos y servicios. Estas normas no solo aseguran la adecuación de productos y procesos para su uso previsto, sino que también estimulan la competitividad en los mercados, facilitan el acceso a diferentes sectores y promueven la innovación. Asimismo, proporcionan a los consumidores una referencia confiable para evaluar la calidad y seguridad de lo que adquieren. La normativa voluntaria impulsa la eficiencia empresarial, el desarrollo tecnológico, la preservación ambiental, la mejora de la salud y la accesibilidad para personas con discapacidad. En esta sección se describen algunas de las normativas voluntarias más importantes para el desarrollo de un PGSST.

2.2.3.1 NB/ISO 62005:2005

Esta norma se refiere a la medición y evaluación del ruido ambiental. Proporciona directrices para la realización de mediciones de ruido y la interpretación de los resultados además del correspondiente estudio de higiene.

2.2.3.2 NB/ISO 55001:2005

Esta norma aborda los sistemas de señalización utilizados en entornos laborales. Establece principios para el diseño, instalación y mantenimiento de señales de seguridad.

2.2.3.3 NB/ISO 51002:2012

Esta norma trata sobre los requerimientos mínimos de niveles de iluminación en lugares de trabajo. Define niveles mínimos de iluminación para asegurar condiciones seguras y saludables. Es la base para realizar el estudio de higiene de iluminación.

2.2.3.4 NB/ISO 7243:2018

Aborda la exposición al calor y al frío en el trabajo. Proporciona directrices para evaluar y controlar los riesgos relacionados con el estrés térmico utilizando el índice de temperatura de bulbo húmedo y de globo. Es la base teórica para realización del estudio de estrés térmico.

2.2.3.5 NB/ISO 45001:2018

La normativa ISO 45001:2018 establece los requisitos esenciales para instaurar un SGSST. El propósito principal de la ISO 45001 es asistir a las organizaciones en el establecimiento y mantenimiento de lugares de trabajo seguros y saludables, disminuyendo los riesgos

de lesiones y problemas de salud derivados del trabajo. A través de la aplicación de este sistema de gestión, se fomenta la prevención proactiva, la identificación y evaluación de riesgos, así como la mejora continua del desempeño en materia de seguridad y salud. En última instancia, la adhesión a esta normativa contribuye a crear entornos laborales más seguros, saludables y productivos para todos los implicados. Esta norma permite a las compañías alinearse con otras normativas reconocidas, como la ISO 9001 para la Gestión de la Calidad y la ISO 14001 para el Medio Ambiente, facilitando así una gestión integrada y eficiente.

2.2.3.6 NB/ISO 51001:2022

Esta norma se centra en la ventilación en entornos laborales, estableciendo límites de referencia y estándares de supervisión para la ventilación general en estos lugares. Sin embargo, no se aplica a sistemas de extracción localizada ni a entornos donde haya una presencia constante de contaminantes químicos.

2.2.3.7 NB/ISO 58005:2022

Esta norma se centra en la carga de fuego en edificaciones. Proporciona criterios para evaluar la resistencia al fuego de materiales y componentes. Es el documento base para la elaboración de Estudio de Higiene Carga de Fuego.

2.2.3.8 NB/ISO 11226:2022

Esta regulación proporciona directrices ergonómicas para distintas actividades en ambientes laborales. Su propósito es informar a quienes están implicados en la planificación o ajuste de espacios de trabajo, así como en tareas y productos laborales, y que posean conocimientos básicos sobre ergonomía y posturas laborales. Busca orientar en la evaluación de las posturas adoptadas por los trabajadores durante sus labores, facilitando la identificación de riesgos de sobrecarga biomecánica causados por posturas forzadas. A partir del 2023, se convierte en un elemento fundamental para la elaboración de un PGSST, ya que el estudio de ergonomía pasa a ser obligatorio, siendo esta regulación la base de dicho estudio.

2.3 Metodologías de Desarrollo de Software

El desarrollo de software es el proceso de crear, probar y mantener productos y servicios de software que satisfagan las expectativas de usuarios, clientes o partes interesadas. Las

metodologías de desarrollo de software son marcos o modelos que guían el proceso de desarrollo de software y definen los roles, responsabilidades, actividades y entregables del equipo de desarrollo de software. En los últimos años, las metodologías ágiles han ganado popularidad por su enfoque flexible y adaptable.

Agile integra una filosofía y un conjunto de pautas que fomentan la satisfacción del cliente y la entrega temprana e incremental del software. Esto se logra mediante equipos pequeños y altamente motivados, métodos informales y una simplificación del proceso de desarrollo (Pressman 2005). Las pautas ágiles priorizan la entrega sobre el análisis y el diseño, manteniendo una comunicación activa y continua entre desarrolladores y clientes. Así, Agile se centra en la entrega iterativa e incremental de software en lugar de seguir un enfoque lineal y secuencial.

2.3.1 Programación Extrema

La metodología ágil de desarrollo orientada a objetos, conocida como Programación Extrema (XP), busca promover prácticas de ingeniería adecuadas para la creación de software. Esta metodología se divide en cuatro etapas: planificación, diseño, programación y pruebas (Pressman 2005). Bajo esta metodología, la planificación implica la escucha activa de los clientes para comprender el contexto del negocio y definir las funcionalidades requeridas mediante historias o historias de usuario. Cada historia recibe una valoración por parte del cliente según su importancia, y el equipo de desarrollo estima el tiempo necesario para su implementación. Posteriormente, el equipo y el cliente eligen qué historias incluir en la próxima versión del

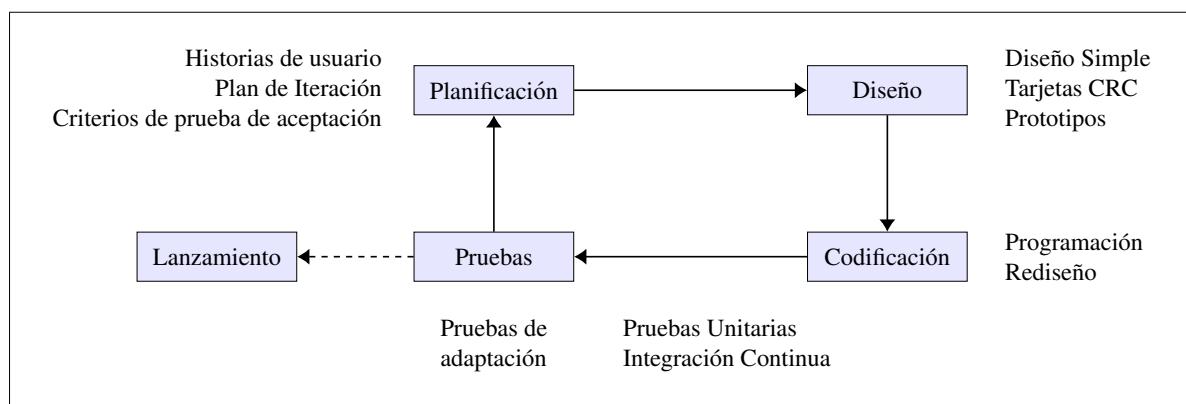


Figura 2.1. Proceso de desarrollo bajo la metodología de Programación Extrema.
Elaboración propia a partir de “*Software engineering: a practitioner’s approach*” (2005).

software. Tras la entrega inicial, se calcula la velocidad del proyecto para estimar fechas de entrega y evaluar el compromiso del proyecto. Durante el desarrollo, el cliente puede modificar las historias, y el equipo ajusta los planes en consecuencia. La programación se inicia después

de desarrollar pruebas unitarias para cada historia, empleando la programación en pareja para mejorar la calidad del código. Tras completar el código, se realiza integración continua con pruebas de integración y validación diarias. Finalmente, se llevan a cabo pruebas de aceptación, que validan las características visibles y revisables por el cliente.

La metodología XP es relevante para este proyecto debido a su enfoque en la colaboración continua con el cliente y la mejora constante a través de iteraciones rápidas, lo que garantiza que el software final cumpla con las expectativas y necesidades del usuario.

2.3.2 *Programación Extrema Personal*

La Programación Extrema Personal (PXP) es un proceso de desarrollo de software diseñado para ser utilizado individualmente por ingenieros de software. Su objetivo es simplificar el Proceso de Software Personal (PSP) reduciendo la cantidad de scripts y datos necesarios, manteniendo los principios básicos de PSP y disminuyendo la documentación y esfuerzos de mantenimiento. PXP incorpora prácticas de desarrollo de XP adecuadas para desarrolladores autónomos (Dzhurov et al. 2009).

Como se ilustra en la Figura 2.2, el proceso de PXP consta de tres etapas: identificación de requerimientos, planificación e iteraciones de desarrollo. La planificación de requisitos y tareas se realiza generalmente para todo el proyecto, con ajustes posibles si los requisitos cambian. Las iteraciones de desarrollo incluyen el inicio y la retrospectiva de la iteración. Durante todo el proceso, el desarrollador debe mantener registros de planificación, duración real, sugerencias de mejora y detalles de defectos.

A continuación, se describen las fases principales del proceso PXP:

1. **Identificación de Requisitos:** Se elabora un documento con los requisitos funcionales y no funcionales del sistema.
2. **Planificación:** El desarrollador elabora un conjunto de tareas a partir de los requisitos del documento, desglosándolas en subtareas y estimando su duración con base en experiencias previas o suposiciones fundamentadas. Además, se toman decisiones cruciales de diseño, como seleccionar el lenguaje de programación y el marco de desarrollo.
3. **Inicio de la Iteración:** Marca el inicio de cada iteración, donde se seleccionan las tareas que se abordarán. Las iteraciones duran entre 1 y 3 semanas y pueden resultar en un candidato a lanzamiento o en una versión liberada del producto.

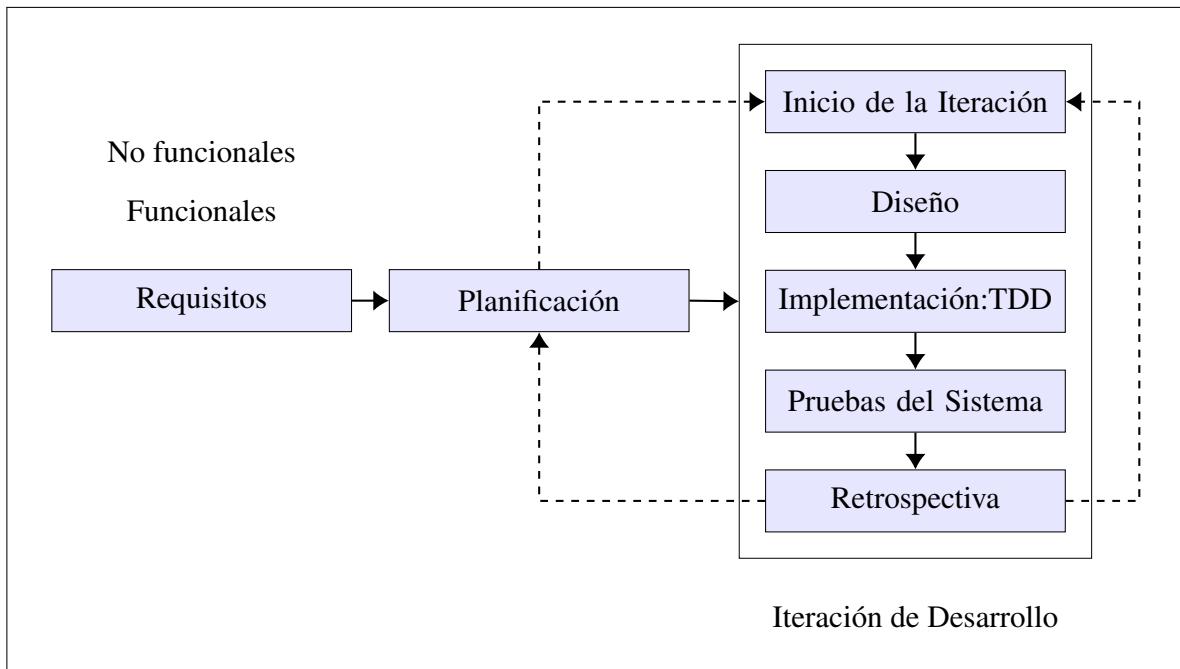


Figura 2.2. Proceso de desarrollo bajo la metodología PXP.
Elaboración propia a partir de “*Personal Extreme Programming—An Agile Process for Autonomous Developers*” (2009).

4. **Diseño:** Modelado de los módulos y clases necesarios para la iteración, centrándose en cumplir con los requisitos actuales sin intentar prever futuros requerimientos.
5. **Implementación:** Se genera el código y se realizan pruebas utilizando TDD, abarcando tres subfases: pruebas unitarias, generación de código y refactorización. El código debe compilarse sin errores y superar todas las pruebas unitarias.
6. **Pruebas del Sistema:** Se verifica que la solución cumpla con los requisitos iniciales y se registran y corrigen todos los defectos encontrados.
7. **Retrospectiva:** Al final de cada iteración, se analizan los datos recopilados, revisando la precisión de las estimaciones y las causas de posibles retrasos. Se proponen y implementan mejoras en el proceso para evitar problemas futuros. La retrospectiva puede iniciar una nueva iteración o marcar el final del proyecto si se han cumplido todos los requisitos y no quedan defectos.

La metodología PXP es ideal para este proyecto, ya que permite a los desarrolladores trabajar de forma autónoma y eficiente, manteniendo un enfoque estructurado que garantiza la calidad del software desarrollado individualmente. Más aún, para evaluar el proyecto de grado, se añade una fase de cierre y evaluación enfocada en analizar el desempeño del producto en su etapa de mínimo viable, asegurando una revisión detallada de su rendimiento real.

2.3.2.1 Técnica MoSCoW

En la gestión de proyectos, especialmente aquellos de desarrollo de software, es crucial establecer prioridades claras para asegurar que los recursos se utilicen de manera eficiente y que los objetivos del proyecto se cumplan en tiempo y forma. Marthasari et al. (2018) recomienda el uso en conjunto de la metodología PXP con la técnica de MoSCoW para jerarquizar la elicitation de requisitos. El acrónimo MoSCoW representa cuatro categorías de iniciativas: *Must-have*(imprescindibles), *Should-have*(deseables), *Could-have*(Posibles) y *Won't-have this time*(no necesarias por ahora).

De acuerdo a esta técnica, los requisitos **imprescindibles** son aquellos sin los cuales el proyecto no sería legal, seguro o viable. Para determinar si un requisito pertenece a esta categoría, se formula la pregunta: ¿Qué pasa si este requisito no se cumple?. Si la respuesta es cancelar el proyecto, entonces es un requisito imprescindible. Si hay alguna alternativa, aunque sea un proceso manual y doloroso, el requisito se clasifica como **deseable** o **possible**.

Los requisitos deseables son importantes pero no vitales. Aunque su ausencia podría ser incómoda, la solución sigue siendo viable pudiendo necesitar algún tipo de solución temporal. La diferencia entre un deseable y un posible radica en el grado de inconveniencia que causa no cumplir con el requisito, medido en términos de valor comercial o la cantidad de personas afectadas. Los requisitos posibles son deseables pero menos importantes y son los primeros en ser eliminados si el proyecto enfrenta problemas y se debe ajustar el plazo de entrega. Finalmente, los **no necesarias por ahora** son requisitos que se acuerda no entregar en esta etapa o iteración del proyecto, ayudando a aclarar el alcance y a gestionar las expectativas.

Se puede así entender que la importancia de la técnica MoSCoW radica en la priorización y gestión de requisitos, asegurando que se enfoquen los recursos en las funcionalidades más críticas y se mantenga el control del alcance del proyecto.

2.3.3 Software como Servicio

El software como servicio (SaaS) es un modelo de distribución de software donde las aplicaciones se alojan en servidores de un proveedor y se accede a ellas a través de Internet (Villamor Rojas 2017). Este modelo elimina la necesidad de instalar y mantener el software en los equipos locales del usuario. Entre las ventajas del SaaS se incluyen la reducción de costos de infraestructura, actualizaciones automáticas, escalabilidad, accesibilidad desde cualquier lugar con conexión a Internet y la facilidad para integrar con otros sistemas y servicios.

2.4 Análisis y Evaluación de Software

En el análisis y evaluación de software, es fundamental considerar diversos modelos y estándares de calidad que guíen el desarrollo de productos de software, entre algunos de estos se encuentran los siguientes:

2.4.1 Estándar ISO 25000:2014

La ISO 25000, también conocida como SQuaRE (Requisitos y Evaluación de Calidad de Sistemas y Software), representa un conjunto de estándares diseñados para evaluar la calidad del software. Esta familia de normas facilita la organización, mejora y unificación de dos procesos fundamentales: la especificación de los requisitos de calidad del software y la evaluación de su calidad, respaldados por un proceso de medición específico. Surgiendo como una evolución de normativas previas como la ISO 9126, que detalla un modelo de calidad para productos de software, y la ISO 14598, centrada en la evaluación de estos productos, la norma ISO 25000 proporciona criterios para la especificación de requisitos de calidad, métricas y evaluación, así como un modelo de calidad que armoniza las definiciones de calidad de los clientes con los atributos durante el proceso de desarrollo (International Organization for Standardization 2014).

La regulación consiste en cinco áreas principales, que abarcan desde la gestión hasta la evaluación de la calidad del producto software, dentro de la familia de normativas ISO 25000, estas son:

- **ISO 2500n-Gestión de Calidad:** Este apartado define los modelos, términos y definiciones comunes que se utilizan en las otras normativas de la familia 25000.
- **ISO 2501n-Modelo de Calidad:** Se presentan modelos de calidad detallados incluyendo características para calidad interna, externa y en uso del producto software.
- **ISO 2502n-Medición de Calidad:** Contiene modelos de referencia de la medición de la calidad del producto, definiciones de medidas de calidad tanto interna como externa y en uso además de guías prácticas para su aplicación.
- **ISO 2503n-Requisitos de Calidad:** Especifica requisitos de calidad que pueden ser utilizados en el proceso de traslado de información de requisitos de calidad del producto software a desarrollar o como entrada del proceso de evaluación.
- **ISO 2504n-Evaluación de Calidad:** Proporciona requisitos, recomendaciones y guías para llevar a cabo el proceso de evaluación del producto software.

En consecuencia, con el propósito de asegurar que los atributos funcionales (como la adecuación, precisión, conformidad, interoperatividad y seguridad) y los no funcionales (como la fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad) sean cumplidos al máximo, se llevan a cabo diversas pruebas, tales como pruebas unitarias, de integración, de regresión, de sistemas, de desempeño, de carga, de estrés, entre otras.

2.4.2 *Método Objetivo-Pregunta-Métrica*

El método Objetivo-Pregunta-Métrica (GQM, por sus siglas en inglés) es una técnica estructurada que se utiliza para evaluar la calidad del software y la eficacia de los procesos de desarrollo. Esta metodología es importante en el marco teórico del trabajo de tesis porque proporciona una manera sistemática de conectar los objetivos estratégicos y operacionales con las métricas que realmente importan para el proyecto.

El método GQM se basa en definir objetivos específicos, formular preguntas que reflejen estos objetivos y desarrollar métricas que proporcionen datos cuantitativos para responder a las preguntas planteadas (Van Solingen et al. 1999). En el contexto de la evaluación de calidad de software, el método GQM permite a los equipos de desarrollo alinearse con los objetivos estratégicos y operacionales, asegurando que las métricas utilizadas sean relevantes y útiles para la toma de decisiones tal y como lo demuestra Lavadenz Maceda et al. (2021) al usar este método para seguir los lineamientos del estándar ISO 25000:2014.

El método GQM asegura una evaluación precisa y orientada a objetivos específicos de la calidad del software, permitiendo una mejora continua y alineada con los estándares internacionales. Esto es esencial para garantizar que el software desarrollado cumpla con los requisitos de calidad y satisfacción del cliente.

2.5 Inteligencia Artificial

La IA es una rama de la ciencia de la computación que se dedica a abordar desafíos cognitivos, principalmente asociados a la inteligencia humana, tales como el proceso de aprendizaje, la resolución de problemas y la identificación de patrones (Kim 2019). Por tanto, el desarrollo de sistemas de inteligencia artificial tienen como finalidad la construcción de sistemas informáticos que puedan ejecutar actividades que comúnmente implican inteligencia humana. Mientras que la programación tradicional depende de los programadores para definir lógica e instrucciones explícitas específicas de escenarios, ML permite a las máquinas aprender de ma-

nera autónoma y tomar decisiones sin instrucciones detalladas para cada tarea. Naturalmente estos sistemas, dotados de inteligencia artificial, se diseñan para reconocer ciertos contextos y tomar decisiones para satisfacer ciertas necesidades (International Organization for Standardization 2022). Más aun, es importante considerar que los sistemas de IA no se basan en una única tecnología, sino en una combinación de varias como se ilustra en la Figura 2.3.

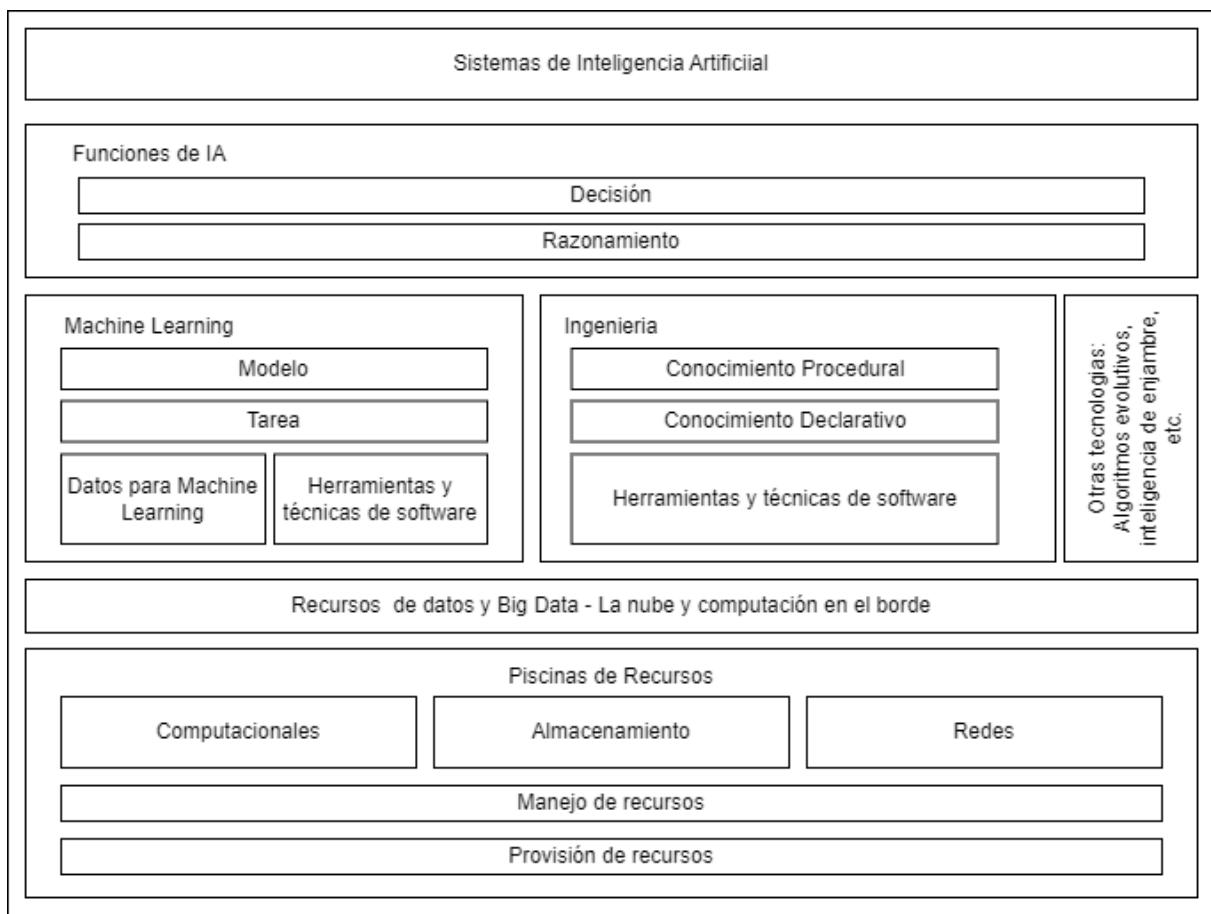


Figura 2.3. Ecosistema de un sistema de inteligencia artificial.
Elaboración propia a partir de “*Inteligencia artificial. Conceptos y terminología de inteligencia artificial*” (2022).

2.5.1 Aprendizaje

El aprendizaje en IA se divide principalmente en dos categorías: sistemas basados en heurística y sistemas basados en aprendizaje automático.

Los sistemas basados en heurística no requieren grandes cantidades de datos para funcionar. Estos sistemas utilizan reglas predefinidas para tomar decisiones, lo que los hace rápidos y eficientes en escenarios específicos. Por otro lado, los sistemas basados en aprendizaje automático (ML) analizan grandes volúmenes de datos para identificar patrones y construir modelos predictivos. Estos modelos se entrena utilizando algoritmos complejos que mejoran

su precisión con el tiempo.

El aprendizaje automático permite a los sistemas adaptarse y mejorar continuamente, haciendo que las aplicaciones de IA sean más precisas y efectivas en tareas como la clasificación de datos y la predicción de resultados.

2.5.2 Redes Neuronales

Las redes neuronales artificiales (ANNs, por sus siglas en inglés) son modelos computacionales inspirados en el cerebro humano. Estas redes están diseñadas para reconocer patrones complejos y aprender de los datos.

Una red neuronal consta de varias capas de neuronas artificiales, que procesan la información de manera similar a las neuronas biológicas (Goodfellow et al. 2016). Estas capas incluyen:

1. **Capas de entrada:** Las neuronas de esta capa reciben los datos iniciales. Cada neurona de entrada corresponde a una característica de los datos, por lo que el número de neuronas en la capa de entrada es igual al número de características de los datos de entrada.
2. **Capas Ocultas:** Situadas entre la capa de entrada y la capa de salida, las capas ocultas realizan la mayor parte del procesamiento de datos. Estas capas pueden ser una o múltiples y consisten en neuronas que reciben entradas de la capa anterior, aplican una transformación mediante una función de activación, y pasan la salida a la siguiente capa. Las funciones de activación son componentes esenciales de las redes neuronales, ya que introducen no linealidad en el modelo, permitiendo a la red aprender y representar funciones complejas (Nielsen 2015).
3. **Capas de salida:** La capa final de la red produce las predicciones o clasificaciones. El número de neuronas en la capa de salida depende de la tarea específica. Por ejemplo, para una tarea de clasificación binaria, solo se necesita una neurona de salida; para la clasificación de múltiples clases, se necesita una neurona por cada clase posible.

Las redes neuronales son fundamentales en el desarrollo de sistemas de IA avanzados, ya que permiten el análisis y la interpretación de datos complejos de manera eficiente y precisa.

2.5.3 Visión Computacional

La visión computacional es una rama de la inteligencia artificial que se enfoca en capacitar a las máquinas para interpretar y comprender el contenido visual del mundo. Esta

disciplina implica el desarrollo de algoritmos y modelos para procesar y analizar imágenes y videos (Szeliski 2022).

Tal y como se ilustra en la Figura 2.4. El proceso de desarrollo de modelos de visión computacional incluye la adquisición y preprocesamiento de datos, seguido de la extracción de características y la aplicación de algoritmos para realizar tareas específicas como clasificación y segmentación de imágenes. Dependiendo del enfoque utilizado, las características pueden ser determinadas manualmente o aprendidas automáticamente mediante redes neuronales (Goodfellow et al. 2016). Estas últimas son las más populares actualmente y se utilizan en tareas como clasificación, segmentación semántica, mejoramiento de imágenes, estimación de movimiento y recuperación de profundidad.(Szeliski 2022).

En conclusión, la visión computacional es una herramienta de gran utilidad para aplicaciones que requieren la interpretación de datos visuales como la clasificación de imágenes o detección de cosas en un entorno. Por ejemplo, un sistema de visión computacional podría alertar automáticamente a los trabajadores y supervisores sobre la presencia de objetos peligrosos en un área de construcción, minimizando así el riesgo de accidentes laborales.

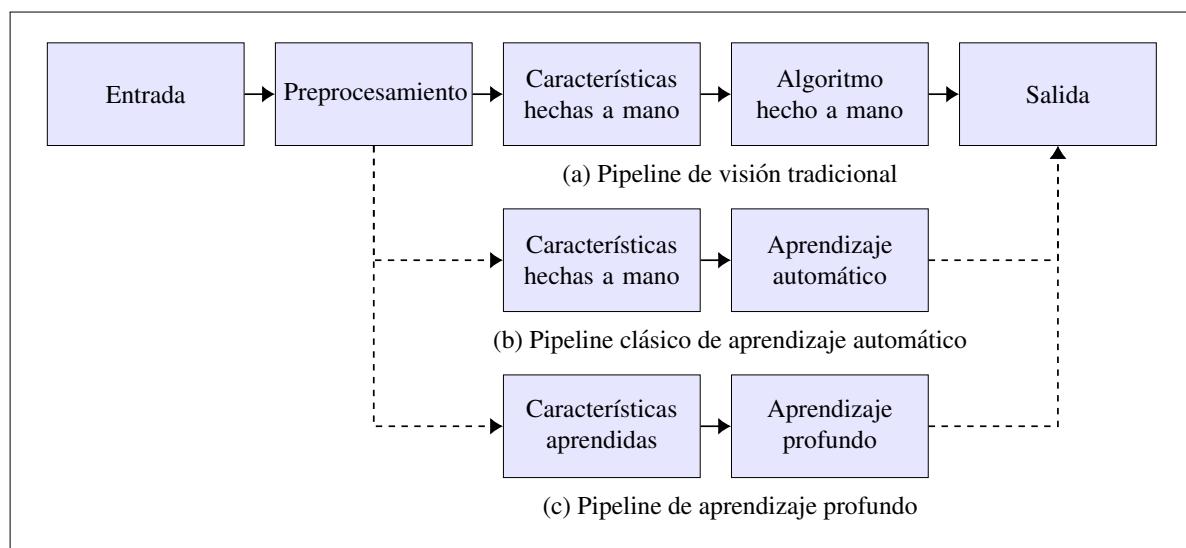


Figura 2.4. Proceso de Desarrollo de Modelos de Visión Computacional.
Elaboración propia a partir de “*Computer vision: algorithms and applications*” (2022).

2.5.4 Procesamiento de Lenguaje Natural(PLN)

El procesamiento de lenguaje natural (PLN) es un campo de la inteligencia artificial que se centra en la interacción entre las computadoras y los humanos utilizando el lenguaje natural. El objetivo del PLN es permitir a las máquinas comprender, interpretar y generar texto

de una manera que sea significativa y útil (Jurafsky 2000).

El desarrollo de modelos de PLN comienza con la recopilación de datos textuales que servirán de base para el entrenamiento. Luego, estos datos se preprocesan mediante técnicas como la tokenización, lematización y eliminación de *stop words* (palabras de parada) para preparar el texto para su análisis. Una vez preprocesados, los datos se utilizan para entrenar el modelo, aplicando algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales para aprender patrones y relaciones dentro del texto. Finalmente, el modelo se evalúa y ajusta iterativamente para mejorar su precisión y efectividad (Schütze et al. 2008).

El PLN es vital para aplicaciones que involucran el análisis y la generación de texto, como chatbots y sistemas de traducción automática.

2.5.5 Modelos de Lenguaje Multimodales

Los modelos de lenguaje multimodales son sistemas que combinan información de múltiples fuentes, como texto, imágenes, audio y video, para mejorar la comprensión y generación del lenguaje. Estos modelos pueden aprender representaciones conjuntas de datos multimodales, lo que les permite realizar tareas complejas que requieren la integración de diferentes tipos de información, como la descripción de imágenes, la traducción de video a texto y la generación de subtítulos para videos (Baltrušaitis et al. 2018). La capacidad de los modelos multimodales para integrar diversas fuentes de información los hace extremadamente útiles en aplicaciones donde se requiere una comprensión completa del contexto.

2.5.6 Evaluación de Modelos

La evaluación de los modelos de IA, sean de visión computacional, de lenguaje o de otra naturaleza es una tarea fundamental para asegurar el desempeño y efectividad de los mismos en tareas específicas. Este proceso implica el uso de diversas métricas y técnicas para medir la precisión, robustez y eficiencia del modelo. Es esencial no solo verificar que el modelo cumpla con los objetivos esperados, sino también asegurar que funcione adecuadamente bajo diferentes condiciones y con diversas entradas de datos.

Primero, se emplean métricas cuantitativas tradicionales como la exactitud, precisión, exhaustividad (*recall*) y *F1-score* para evaluar el rendimiento del modelo en tareas de clasificación (Jurafsky 2000). Para modelos que generan texto basado en imágenes o videos, se utilizan métricas específicas como BLEU, ROUGE y METEOR para medir la calidad de la generación

de texto (Papineni et al. 2002). Estas métricas comparan el texto generado por el modelo con un conjunto de textos de referencia, evaluando la similitud entre ellos. Además, la evaluación cualitativa mediante revisión humana asegura que las salidas del modelo sean coherentes y adecuadas para el contexto.

Otro aspecto importante es la evaluación de la robustez del modelo, es decir, su capacidad para mantener el rendimiento bajo diversas condiciones. Esto puede incluir pruebas de resistencia, donde se introduce ruido o variaciones en los datos de entrada para ver cómo se comporta el modelo (Hendrycks et al. 2019). La robustez es esencial para aplicaciones del mundo real donde las condiciones pueden variar significativamente.

En resumen, la evaluación de modelos de IA es un proceso multifacético que involucra tanto métricas cuantitativas como cualitativas, pruebas de robustez y consideraciones de eficiencia computacional. Este enfoque integral asegura que los modelos no solo sean precisos y eficaces, sino también robustos y eficientes en aplicaciones del mundo real.

2.5.7 Generación de Lenguaje Natural

La generación de lenguaje natural (GLN) es una subdisciplina del PLN que se enfoca en la creación de texto coherente y comprensible a partir de datos. Los modelos de GLN pueden generar descripciones, resúmenes, diálogos y otros tipos de texto, imitando el estilo y la estructura del lenguaje humano.

En términos generales, se puede distinguir entre tres enfoques dominantes en las arquitecturas de generación de lenguaje natural: Modular, planificada e integral (Gatt et al. 2018). Más aun, existe un consenso en la arquitectura por defecto en este campo, misma que se aprecia en la Figura 2.5. Se compone de tres etapas: El planificador de texto, que determina el contenido y la estructura general del texto. el planificador de oraciones, que desglosa este contenido en oraciones individuales, manteniendo la coherencia y cohesión. Por ultimo, el realizador convierte los planes de oración en texto natural fluido y gramaticalmente correcto. Estas etapas trabajan en secuencia para transformar datos estructurados en un texto coherente y bien formado.

La GLN permite la automatización de la generación de textos en diversos contextos, mejorando la eficiencia en tareas como la redacción de informes y la creación de contenido.

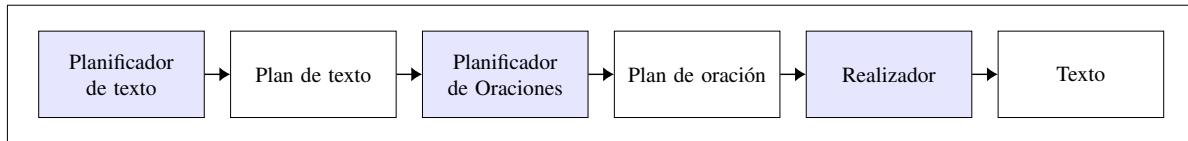


Figura 2.5. Arquitectura GLN clásica.

Elaboración propia a partir de “*Survey of the state of the art in natural language generation: Core tasks, applications and evaluation*” (2018). Los segmentos oscuros ilustran los tres módulos principales; los segmentos claros muestran las salidas.

2.5.8 Generación de Descripciones de Imágenes

La generación de lenguaje natural a partir de imágenes implica la creación de descripciones textuales basadas en el contenido visual de una imagen. Los modelos utilizados para esta tarea combinan redes neuronales convolucionales (CNNs) para el análisis de imágenes con modelos de lenguaje como RNNs o Transformers para generar texto. Esta técnica se aplica en la creación de descripciones automáticas para fotografías, la generación de subtítulos para videos y otras aplicaciones multimodales (Vinyals et al. 2015).

CAPÍTULO 3

CAPTURA Y ANÁLISIS DE REQUISITOS

3.1 Propuesta de Proyecto de Grado

3.1.1 Análisis de Requisitos

El análisis de requisitos es una etapa fundamental en la planificación y desarrollo de cualquier proyecto. Su propósito es identificar y documentar las necesidades y expectativas de los usuarios y otras partes interesadas, proporcionando una base sólida para la implementación y éxito del proyecto. El análisis de requisitos se ha llevado a cabo a partir de las entrevistas del Apéndice A.

Este análisis comprende dos categorías principales: requisitos funcionales y no funcionales. Los requisitos funcionales describen las capacidades y funciones específicas que el sistema debe realizar, mientras que los requisitos no funcionales se refieren a las cualidades y restricciones del sistema, tales como rendimiento, seguridad y usabilidad. La identificación precisa de estos requisitos garantiza que el sistema final cumpla con las expectativas y necesidades planteadas, y ayuda a mitigar riesgos durante el desarrollo.

En las Tablas 3.1 y 3.2 se presentan de manera detallada los requisitos funcionales y no funcionales identificados en las entrevistas.

En primer lugar, se requiere una alta prioridad para la entrada de imágenes, lo cual permitirá integrar el registro fotográfico en la identificación de peligros, ofreciendo una visión clara y visual de los riesgos presentes. Asimismo, la entrada de audio también tiene alta prioridad, facilitando la inclusión de entrevistas que enriquecen la identificación de peligros con información verbal obtenida directamente de los involucrados. De igual importancia es la en-

Tabla 3.1. Tabla de Requerimientos Funcionales

Requisito	Prioridad	Justificación
Entrada de Imágenes	Alta	Integración del registro fotográfico en la identificación de peligros.
Entrada de Audio	Alta	Integración entrevistas en la identificación de peligro.
Entrada de Texto	Alta	Integración de las observaciones del profesional al análisis.
Generación de Matriz IPER	Alta	Necesario para la identificación y evaluación de riesgos según la normativa.
Generación de Plan de Acción	Alta	Permite la creación de planes de acción basados en los resultados de la matriz IPER.
Llenado de Formularios	Alta	Disminución del tiempo perdido en trabajos administrativos.
Interfaz Intuitiva	Media	Facilita la adopción y uso del software por parte de los profesionales SySO.
Verificación de Contenido Generado	Media	Facilitar la capacidad del usuario de eliminar o modificar el contenido generado.
Manejo de Plantillas	Media	Asegura la uniformidad y facilita el llenado de documentos estándar.
Control de Acceso	Media	Protege los datos y asegura que solo usuarios autorizados accedan a la información sensible.
Interoperatividad a través de APIs	Baja	Permite a sistemas externos interactuar con los datos y funciones del software.

trada de texto, que permite incorporar observaciones detalladas de los profesionales al análisis, asegurando que no se pierdan detalles críticos en la evaluación de riesgos. La generación de la Matriz de Identificación de Peligros, Evaluación y Riesgos (IPER) es crucial y se considera de alta prioridad, se trata de uno de los primeros pasos para cumplir con las normativas vigentes en la evaluación de riesgos. Además, la capacidad de generar un Plan de Acción basado en los resultados de la matriz IPER también tiene una alta prioridad, posibilitando la creación de estrategias efectivas para mitigar los riesgos identificados.

El sistema debe facilitar el llenado formularios, a fin de disminuir el tiempo invertido en tareas administrativas, aumentando así la eficiencia operativa. La interfaz debe de ser intuitiva. Aunque se asigna como de prioridad media, es fundamental para facilitar la adopción y uso del software por parte de los profesionales de Seguridad y Salud Ocupacional (SySO). También es importante la verificación del contenido generado, permitiendo a los usuarios eliminar o modificar el contenido según sea necesario.

Finalmente, aunque con menor prioridad, la interoperabilidad a través de APIs es un requisito funcional que permitirá que sistemas externos interactúen con los datos y funciones del software, fomentando la integración y versatilidad del sistema en diferentes entornos tecnológicos.

Tabla 3.2. Tabla de Requerimientos No Funcionales

Requisito	Prioridad	Justificación
Escalabilidad	Alta	Permite al sistema manejar un creciente número de usuarios y datos sin pérdida de rendimiento.
Usabilidad	Alta	Importante para la adopción por parte de usuarios con poca experiencia en tecnología.
Protección de Datos	Alta	Es esencial para garantizar la seguridad de los datos sensibles y cumplir con normativas.
Documentación	Media	Ayuda a los usuarios a entender y utilizar el software correctamente.
Modularidad	Media	Facilita las actualizaciones y el mantenimiento del sistema, asegurando su funcionamiento.
Interoperabilidad	Media	Permite la integración con otros sistemas y herramientas utilizadas en SySO.
Multiplataforma	Media	Asegura que el software funcione en diferentes sistemas operativos y dispositivos.

Además de los requisitos funcionales, es crucial considerar los no funcionales para el éxito del proyecto. La escalabilidad es una alta prioridad para manejar un número creciente de usuarios y datos sin perder rendimiento. La usabilidad es esencial para asegurar que el software sea adoptado por usuarios con poca experiencia tecnológica, facilitando su implementación. La protección de datos es vital para la seguridad y cumplimiento de normativas.

La documentación, de prioridad media, es fundamental para ayudar a los usuarios a entender y utilizar el software, proporcionando guías detalladas. La modularidad facilita actualizaciones y mantenimiento, adaptándose a nuevas necesidades y tecnologías. La interoperatividad asegura la integración con otros sistemas, permitiendo que el software funcione con otras soluciones existentes. La capacidad multiplataforma, también de prioridad media, permite que el software funcione en diversos sistemas operativos y dispositivos, aumentando su accesibilidad. Estos requisitos no funcionales garantizan un rendimiento óptimo, seguridad y facilidad de uso del sistema.

3.1.2 Casos de Uso

Se define así que el proyecto tiene como objetivo desarrollar una aplicación que facilite a los profesionales SySO la realización de auditorías y la generación de documentos de seguridad de manera eficiente. Los usuarios podrán tomar fotos, grabar audios y escribir notas durante sus visitas, y toda esta información será procesada para generar matrices IPER y otros documentos necesarios. Además, podrán gestionar múltiples proyectos, crear diagramas de procesos y descargar los documentos generados para su revisión y modificación. Todo esto se realizará bajo un entorno seguro con acceso mediante credenciales personales.

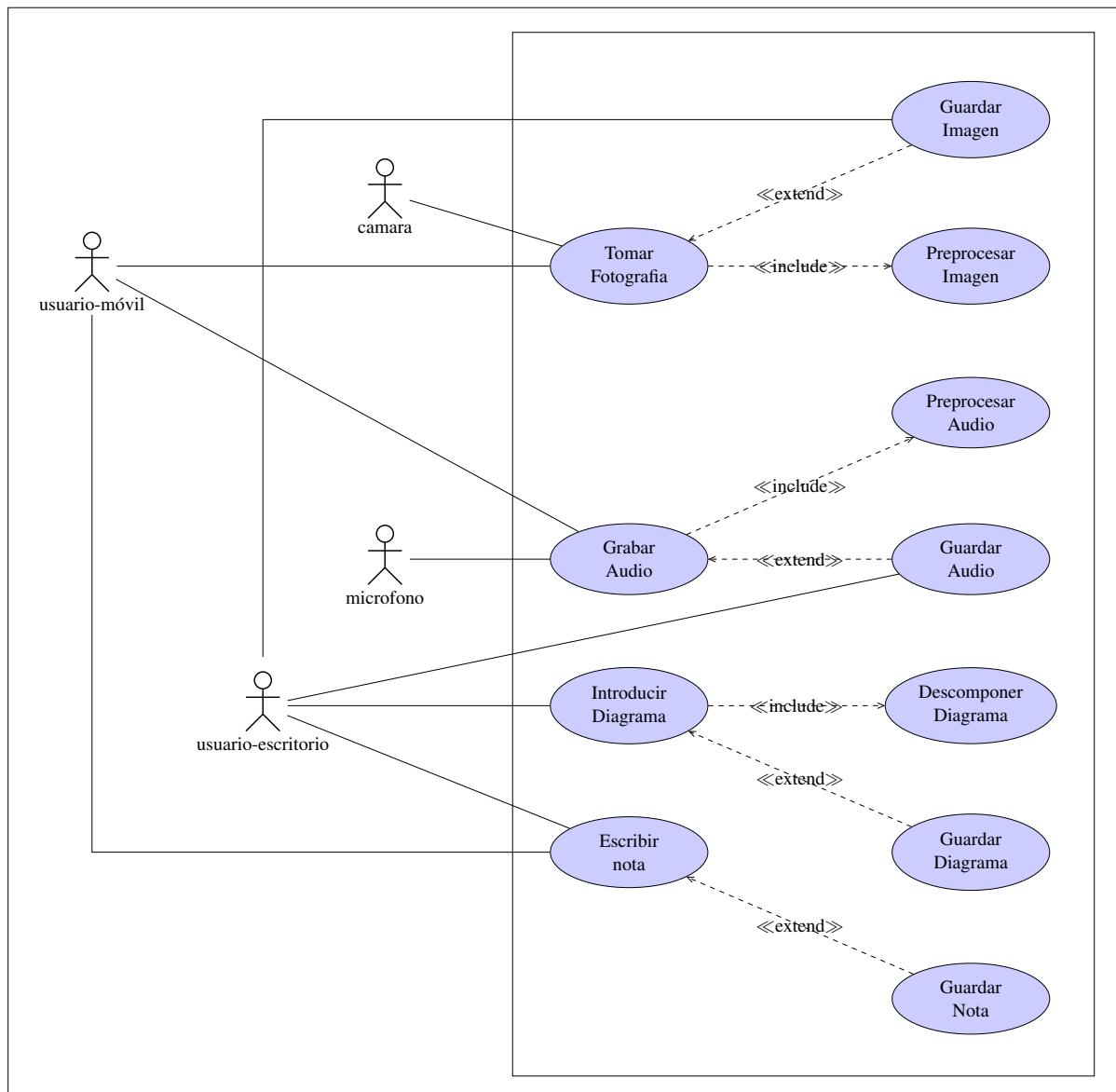


Figura 3.1. Caso de Uso: Entrada de Información.

Para aclarar la funcionalidad propuesta, se desarrollaron dos diagrams de caso de uso

que ilustran la funcionalidad planteada a tras del análisis de requisitos. En la Figura 3.1, se ilustra cómo los usuarios interactúan con la aplicación para ingresar diversos tipos de datos. Los actores principales en este diagrama son el ‘usuario-móvil’ y el ‘usuario-escritorio’, representando a los profesionales que utilizan dispositivos móviles o de escritorio para realizar sus tareas. Los casos de uso incluyen ‘Tomar Fotografía’, ‘Grabar Audio’, ‘Introducir Diagrama’ y ‘Escribir nota’, los cuales son actividades fundamentales para recopilar información durante las auditorías. Cada caso de uso está conectado a funciones adicionales como ‘Preprocesar Imagen”, ‘Guardar Imagen’, ‘Preprocesar Audio’ y ‘Guardar Audio’, que son necesarios para procesar y almacenar la información capturada. Los actores ‘cámara’ y ‘micrófono’ están asociados directamente con los casos de uso de captura de foto y grabación de audio, respectivamente.

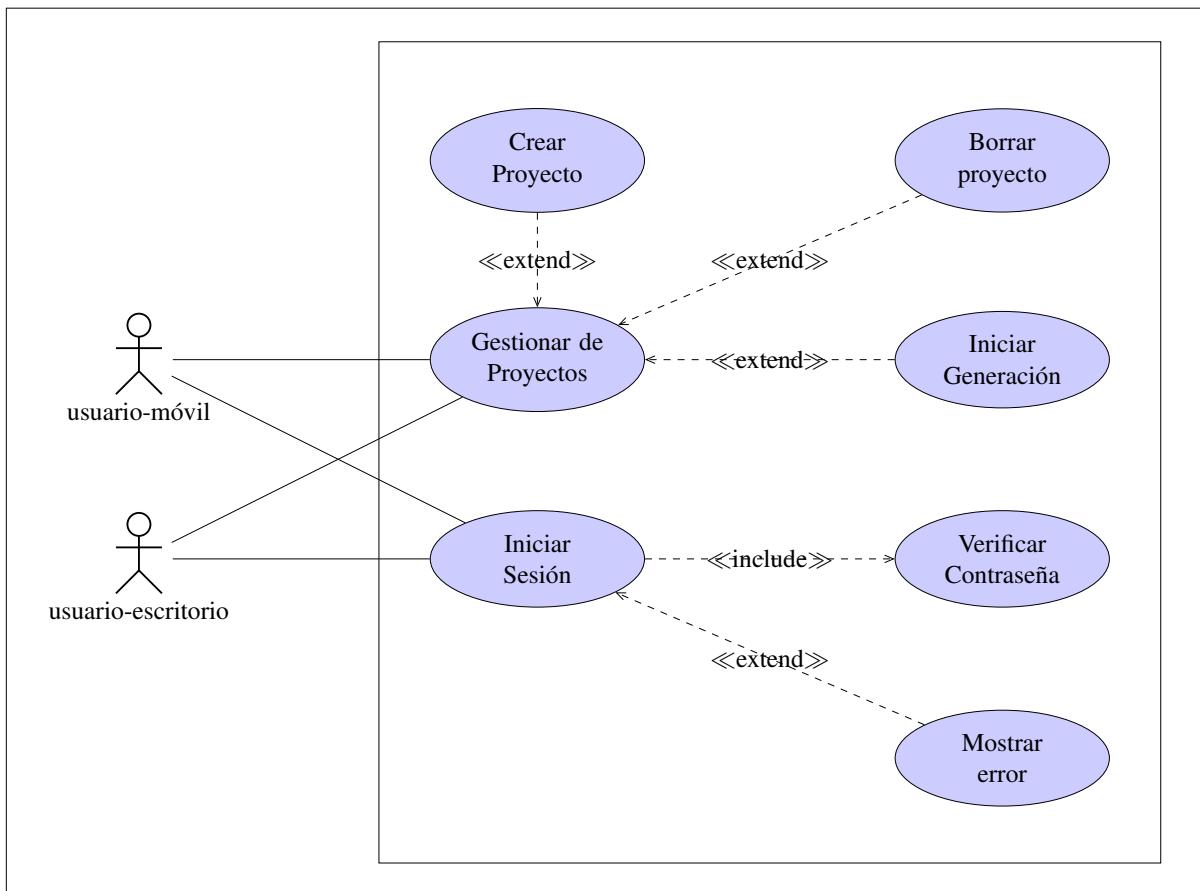


Figura 3.2. Caso de Uso: Gestión de Proyectos.

Por otro lado, en la Figura 3.2 se muestra las interacciones necesarias para la gestión de proyectos dentro de la aplicación. Los usuarios pueden ‘Iniciar Sesión’ y ‘Gestionar Proyectos’. Donde la gestión puede incluir la creación, modificación u eliminación de proyectos del usuario. Si hay errores en el inicio de sesión se proporciona la retroalimentación correspondiente.

te al usuario. Estos diagramas proporcionan una visión clara de cómo los usuarios interactuarán con la aplicación para cumplir con sus tareas diarias, asegurando que todas las funcionalidades necesarias estén bien definidas y conectadas.

3.1.3 Selección de Tecnologías

La selección de tecnologías es un paso crucial para garantizar la eficacia y eficiencia del desarrollo del proyecto. Inicialmente, se decidió utilizar una estructura en la nube para simplificar el desarrollo del software, concentrando la lógica en el backend y empleando plataformas que faciliten el acceso eficiente a la información. Asimismo, se seleccionó el framework Flutter para el desarrollo del frontend debido a su capacidad para permitir un desarrollo rápido multiplataforma. Entre sus ventajas se encuentra la recarga en caliente, una característica que permite al desarrollador ver los cambios en tiempo real sin perder el estado de la aplicación, acelerando significativamente el proceso de desarrollo y depuración. Además, Flutter, respaldado por Google, cuenta con una comunidad en crecimiento que asegura actualizaciones constantes y abundantes recursos de aprendizaje. La amplia gama de widgets personalizables que ofrece facilita la creación de interfaces de usuario atractivas y consistentes, mejorando así la experiencia del usuario final (Tyagi 2021).

Para el backend, se optó por el Framework Rest de Django (DRF), entorno basado en python, debido a su robustez y facilidad de uso. DRF permite el desarrollo rápido y eficiente de APIs. Ofrece características de seguridad integradas como protección contra CSRF, XSS y SQL injection. La escalabilidad de DRF permite manejar un gran volumen de solicitudes, ideal para aplicaciones en expansión. La compatibilidad de Django con modelos de inteligencia artificial y análisis de datos, gracias a la versatilidad de Python, es otra ventaja significativa. Además, Django cuenta con una excelente documentación y una comunidad activa que proporciona soporte y recursos abundantes (Vincent 2022).

Para la base de datos, se eligió MySQL debido a su estabilidad, escalabilidad y amplia adopción en la industria. MySQL ofrece un rendimiento robusto y puede escalar tanto vertical como horizontalmente, lo cual es crucial para aplicaciones con un crecimiento de datos constante. Su alta compatibilidad con Django facilita la integración utilizando bibliotecas como ‘mysqlclient’ y ‘django-mysql’. MySQL también cuenta con un soporte extenso tanto de la comunidad como de proveedores comerciales.

En resumen, la combinación de Flutter para el frontend, Django Rest Framework

para el backend y MySQL como base de datos, proporciona una solución tecnológica robusta, escalable y segura, adecuada para el desarrollo y crecimiento del proyecto propuesto.

3.1.4 Arquitectura del Sistema

La Figura 3.3 presenta una visión integral de la arquitectura del sistema, que abarca la interacción entre diversos dispositivos y equipos de medición. En esta arquitectura, los dispositivos de entrada, como cámaras, micrófonos y dispositivos móviles, capturan imágenes, audio y datos de texto. Cada tipo de dato pasa por un proceso de preprocesamiento específico que los prepara para su análisis. Estos datos preprocesados se integran en un modelo multimodal, lo que permite combinar diferentes tipos de información para un análisis más completo y detallado.

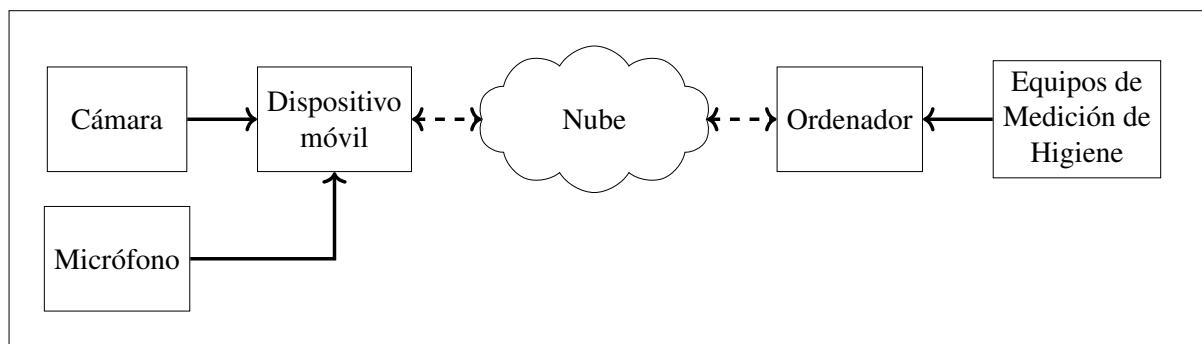


Figura 3.3. Propuesta de Arquitectura de Sistema.

La Figura 3.4 profundiza en la cadena de procesamiento de datos, detallando los pasos desde la captura inicial hasta el procesamiento final. Los datos se capturan desde dispositivos diversos como cámaras, micrófonos y equipos de medición. Posteriormente, cada tipo de dato es preprocesado para adecuarlo al formato requerido por el sistema. Luego, los datos preprocesados se integran en el modelo multimodal para su análisis por medio de los diversos módulos de la etapa de proceso descritos en la Figura 3.6, y finalmente, se estructuran y preparan para su inclusión en el PGSST.

La arquitectura cliente-servidor propuesta, ilustrada en la Figura 3.5, presenta una clara separación entre el frontend y el backend. El frontend, desarrollado con Flutter, es responsable de la interfaz de usuario y la interacción directa con el cliente, proporcionando una experiencia de usuario fluida y responsive. El backend, basado en Django Rest Framework (DRF), maneja la lógica del servidor y las APIs, procesando las solicitudes del cliente y gestionando la base de datos. La comunicación entre el frontend y el backend se realiza a través del protocolo HTTP, utilizando REST para asegurar una transferencia eficiente de datos y comandos entre

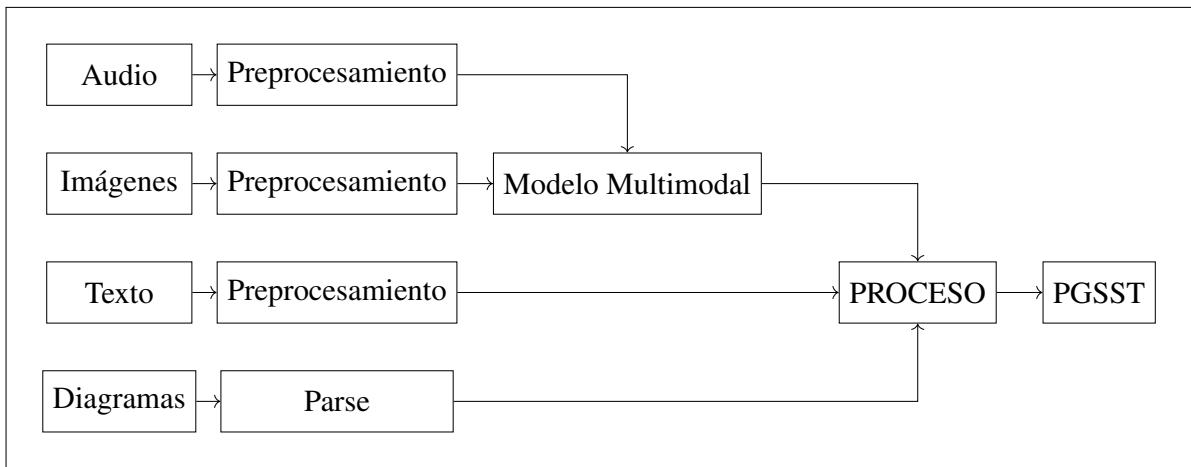


Figura 3.4. Cadena de Procesamiento de Datos.

ambos componentes del sistema.

El backend sigue el patrón de diseño Modelo-Vista-Plantilla (MVT) propio de Django. En este esquema, el Modelo representa la estructura de la base de datos y la lógica de acceso a los datos, asegurando que los datos sean almacenados y recuperados de manera eficiente Vincent 2022. La Vista se encarga de procesar las solicitudes HTTP provenientes del frontend, ejecutando la lógica de negocio necesaria y devolviendo las respuestas adecuadas en forma de datos JSON a través de las APIs proporcionadas por DRF. Aunque en este caso específico, las plantillas tradicionales de Django no son utilizadas debido a que el frontend está separado y gestionado por Flutter, la lógica de presentación se puede entender como la estructura de los datos enviados al frontend.

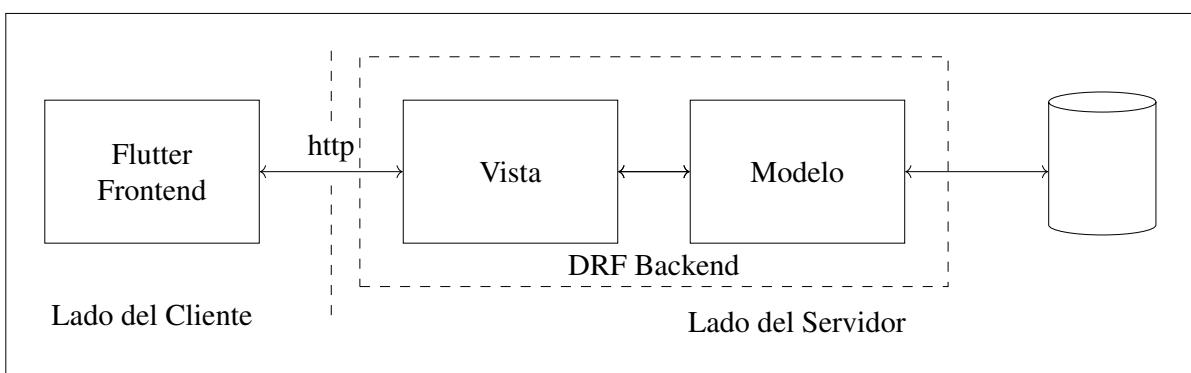


Figura 3.5. Propuesta de Arquitectura Cliente-Servidor.

Finalmente, la Figura 3.6 proporciona una visión detallada de la arquitectura a nivel de módulos de la aplicación categorizados según su utilidad. Esta organización modular incluye componentes funcionales como la gestión de usuarios y proyectos, la entrada de medios, descripciones, diagramas, y diversos procesos. Nótese que a cada uno de los módulos de la sección

de procesos se corresponde uno de los puntos de contenido técnico de la NTS-009/23 siguiendo la secuencia descrita en la normativa. Tal que la gestión es independiente de las demás etapas, pero la entrada, procesado y posterior descarga siguen un orden secuencial. Para mayor claridad, se encuentran en gris los módulos que se encuentran fuera del alcance de este proyecto. Esta arquitectura modular asegura que cada componente pueda ser desarrollado y mantenido de manera independiente, mejorando la eficiencia y la escalabilidad del sistema.

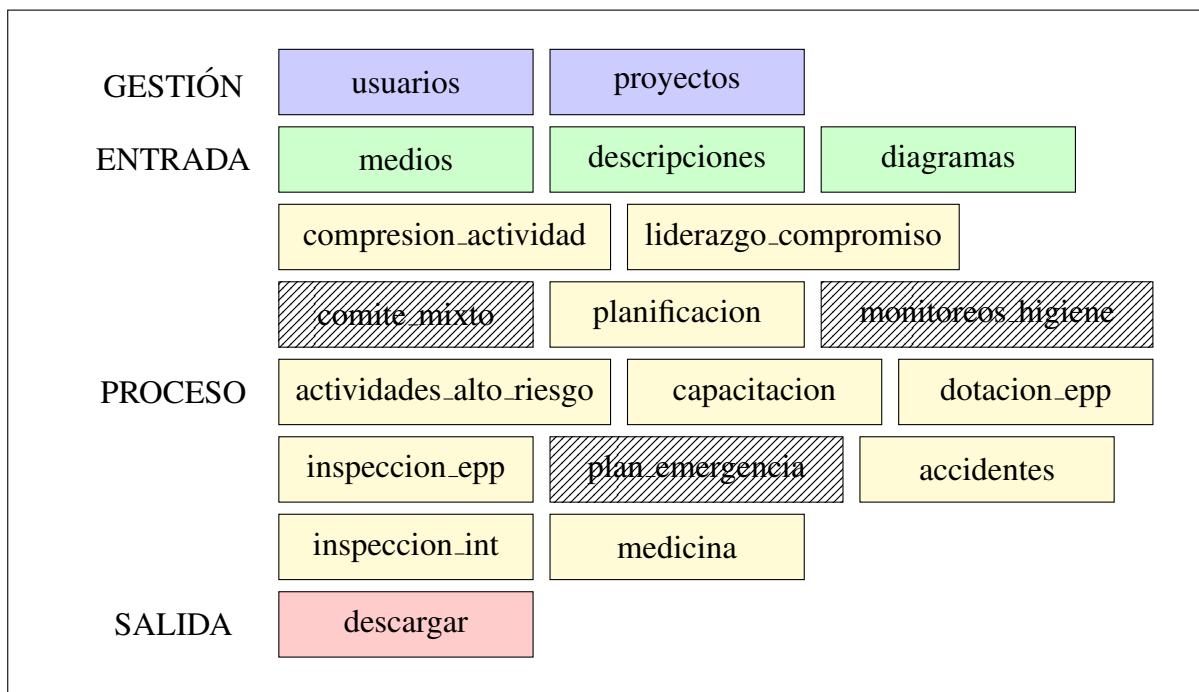


Figura 3.6. Propuesta de Arquitectura a nivel de módulos de la aplicación.

3.2 Análisis de Costos

Para realizar un análisis de costos efectivo, resulta fundamental identificar y evaluar todos los elementos y recursos necesarios para el desarrollo y la operación del proyecto. En esta sección, se abordan tanto los costos de desarrollo como los costos de infraestructura, proporcionando una visión clara y detallada de la inversión requerida. A través de una estimación precisa de estos costos, se planifica de manera más efectiva el presupuesto del proyecto, asegurando la viabilidad financiera y la optimización de recursos. Este análisis no solo permite prever los gastos involucrados, sino también identificar posibles áreas de ahorro y eficiencia, contribuyendo al éxito global del proyecto.

3.2.1 Costos de Desarrollo

La estimación del costo de desarrollo se basa en el modelo intermedio de COCOMO, según lo descrito por Basavaraj et al. (2008). Este modelo evalúa el esfuerzo necesario para desarrollar software considerando el tamaño del programa y diversos factores que influyen en los costos. Entre estos factores se incluyen los atributos del producto, el hardware y el personal. Para una evaluación más detallada de estos factores, se puede consultar la tabla de ponderación de impulsores en el anexo B.

Para la estimación del número de líneas de código, se utilizó como referencia el prototipo del módulo de generación de matrices IPER, detallado en el apéndice B. El prototipo consta de aproximadamente 600 líneas de código. Dado que el proceso de generación de la IPER es la piedra angular del programa, se espera que los módulos complementarios tengan una longitud similar. De manera similar, se proyecta que los módulos de gestión, entrada y salida tengan una longitud comparable, alcanzando en conjunto las 1800 líneas de código. Según Glassdoor (2024), el salario promedio de los desarrolladores junior en Bolivia es de Bs. 6000.

El modelo aplicado al proyecto estima inicialmente un esfuerzo de 5.93 persona-mes, que representa el trabajo requerido sin ajustar los factores específicos del proyecto. Tras aplicar estos factores de ajuste, el esfuerzo aumenta a 8.76 persona-mes, reflejando un incremento significativo debido a las particularidades del proyecto. Cabe aclarar que un esfuerzo de 8.76 persona-mes no implica la necesidad de contar con ocho personas trabajando en el proyecto, sino que es un valor referencial que ayuda a determinar los costos para completar el desarrollo.

$$\text{Costo Desarrollo MVP} = \text{Esfuerzo(Persona - Mes)} \times \text{Salario(Bs/Persona - Mes)} \quad (3.1)$$

$$\text{Costo Desarrollo MVP} = 8.76 \times \text{Bs.}6000 = \text{Bs.}52,560.00$$

Finalmente, con la ecuación 3.1 se calcula el costo de desarrollo como el producto del esfuerzo en persona-mes, el salario mensual y el numero de desarrolladores idealmente requeridos. Resultando en un costo estimado de desarrollo de Bs.52,560.00. Adicionalmente, caso se evalué el proyecto completo automatizando las siete actividades de la Tabla 2.1, por medio de la misma metodología se concluye que el proyecto completo tendría un costo de Bs.245,069.81.

3.2.2 Costos de Infraestructura

En el contexto del modelo SaaS, es crucial evaluar y seleccionar adecuadamente la infraestructura tecnológica sobre la cual se desplegará el software. Este modelo requiere una plataforma robusta y escalable que permita no solo un buen desempeño sino también una gestión eficiente de los costos a lo largo del tiempo. Para seleccionar la plataforma más adecuada para el proyecto se considerando diversos criterios técnicos y financieros. La Tabla 3.3 presenta una matriz de evaluación que compara los tres principales proveedores de servicios en la nube: Amazon Web Services (AWS), Google Cloud y Microsoft Azure. En función de varios criterios ponderados. Asumiendo AWS como servicio a utilizar y se proyectan los costos de este servicio al cambio de Bs.6.96 por dolar.

Tabla 3.3. Matriz de Selección de Servicios de Computación en la Nube

Criterios	Peso	AWS	Google Cloud		Microsoft Azure	
Rendimiento	15 %	5	0.75	4	0.60	4
Confiabilidad	15 %	5	0.75	5	0.75	5
Escalabilidad	15 %	5	0.75	5	0.75	5
Seguridad	15 %	5	0.75	5	0.75	5
Costo	20 %	3	0.60	4	0.80	3
Soporte	10 %	5	0.50	4	0.40	5
Facilidad de uso	10 %	4	0.40	4	0.40	3
Total		4.50		4.45		4.25

3.2.2.1 Servidores y Almacenamiento

Los costos de servidores y almacenamiento en AWS pueden variar significativamente según las necesidades específicas del proyecto. Para este análisis, se asume un uso moderado de los servicios, considerando un entorno de desarrollo, pruebas y producción.

- Elastic Compute Cloud (EC2): Utilizado para alojar los servidores de aplicaciones. Se estima que se utilizarán instancias t2.medium para el entorno de desarrollo y pruebas, y instancias m5.large para el entorno de producción. Asumiendo un uso continuo, los costos estimados son:
 - Desarrollo y Pruebas: 2 instancias t2.medium a 0.0464 por hora cada una.
 - Producción: 1 instancia m5.large a 0.096 por hora.

$$\text{Costo EC2 mensual} = (720)(2 \times \$0.0464 + \$0.096) = \$135.94 = \text{Bs.}946.14$$

- Simple Storage Service (S3): Utilizado para almacenamiento de objetos, como archivos

estáticos y backups. Se estima un uso de 500 GB por mes a \$0.023 por GB.

$$\text{Costo S3 mensual} = 500 \times \$0.023 = \$11.50 = \text{Bs.}80.04$$

- Relational Database Service (RDS): Utilizado para la base de datos relacional. Se asume el uso de una instancia db.t3.medium para el entorno de producción a \$0.0416\$ por hora.

$$\text{Costo RDS mensual} = 0.0416 \times 720 = \$29.95 = \text{Bs.}208.45$$

3.2.2.2 Red y Seguridad

Además de los costos de servidores y almacenamiento, es importante considerar los costos asociados a la red y la seguridad.

- Transferencia de Datos: Se estima un tráfico mensual de 1 TB (entrada y salida), con un costo de \$0.09 por GB para los primeros 10 TB.

$$\text{Costo transferencia de datos mensual} = 1024 \times 0.09 = \$92.16 = \text{Bs.}641.43$$

- Servicios de Seguridad: Incluye AWS WAF (*Web Application Firewall*) y Amazon Guard-Duty. Se estima un costo mensual combinado de aproximadamente \$50 (Bs. 348).

3.2.2.3 Costos Totales de Infraestructura

Se concluye este análisis tras haber estimado los costos totales para la infraestructura propuesta. Estos costos incluyen los gastos mensuales asociados con los servidores, la red y la seguridad, esenciales para mantener las operaciones en la nube a través de AWS. A continuación, se detalla el cálculo de estos costos:

Tabla 3.4. Detalle de Costos Mensuales de Infraestructura.

Concepto	Monto (Bs)
Servidores (EC2)	946.14
Almacenamiento (S3)	80.04
Base de Datos (RDS)	208.45
Transferencia de datos	641.43
Servicios de Seguridad	348.00
Total Costo de Infraestructura	2,224.06

Así, el costo mensual de la infraestructura mediante AWS se calcula en Bs.2,224.06. Es decir, el costo anual estimado de infraestructura en AWS es de Bs.26,668.72. Es importante

destacar que estos costos pueden variar según el uso real y la optimización de recursos a lo largo del tiempo.

3.2.3 *Inversión Total Inicial*

En la Tabla 3.5, se presenta la inversión total inicial necesaria para el proyecto. Según los cálculos, la inversión total inicial estimada para iniciar el proyecto asciende a Bs.54,784.06. Este monto abarca todos los aspectos indispensables para el desarrollo, implementación y operación inicial del software.

Tabla 3.5. Inversión Total Inicial

Concepto	Costo (Bs)
Costo de Desarrollo	52,560.00
Costos de Infraestructura	2,224.06
Computadora para desarrollo	-
Total	54,784.06

3.3 Cronograma de actividades

Como se puede apreciar en la Tabla 3.6, así como en el diagrama Gantt del apéndice C, se presenta un cronograma que detalla las fases y actividades del proyecto, que se desarrolla desde el 1 de febrero del 2024 hasta el 29 de septiembre de 2024. El mismo, siguiendo la metodología PXP se divide en tres fases principales mas la adición de una cuarta a fines de evaluar el desempeño en actividad del producto. Estas etapas son: Definición de Requisitos, Planificación, Iteraciones de Desarrollo, y Cierre. Cada fase incluye entregables específicos y actividades que se ejecutarán en un periodo determinado para asegurar la implementación exitosa del sistema.

La primera fase, Definición de Requisitos, abarca desde el 1 de febrero hasta el 10 de mayo de 2024, e incluye entregas clave como el marco referencial, avances y la defensa del perfil del proyecto. La segunda fase, Planificación, se extiende desde el 15 de marzo hasta el 30 de junio de 2024, y cubre actividades como la entrega de avances adicionales, la entrega completa del perfil, la defensa final del perfil, el análisis de procesos y el diseño de la arquitectura de alto nivel. La tercera fase, Iteraciones de Desarrollo, se lleva a cabo del 1 de julio al 1 de septiembre de 2024, con tres iteraciones de desarrollo, cada una de tres semanas. Finalmente, la fase de Cierre y Evaluación Final, del 2 de septiembre al 29 de septiembre de 2024, incluye la

Tabla 3.6. Cronograma del proyecto.

Etapa	Tareas	Fecha de Inicio	Fecha de Fin	Días
Def. Requisitos		01/02/2024	10/05/2024	52
	Entrega Marco Referencial	15/03/2024		1
	Entrega de avance	03/05/2024		1
	Defensa	10/05/2024		1
Planificación		15/03/2024	26/06/2024	104
	Entrega de avance	24/05/2024		1
	Entrega de perfil	07/06/2024		1
	Defensa	26/06/2024		1
Desarrollo		01/07/2024	22/09/2024	84
	Frontend	01/07/2024	21/07/2024	21
	IPER	22/07/2024	11/08/2024	21
	Procesos Complementarios	12/08/2024	01/09/2024	21
	Módulos Complementarios	02/09/2024	22/09/2024	21
Cierre		23/09/2024	23/10/2024	31
	Preparación de Documentación	23/09/2024	30/09/2024	8
	Capacitación de Usuarios	01/10/2024	08/10/2024	8
	Monitoreo Inicial y Ajustes	09/10/2024	16/10/2024	8
	Pruebas con Usuarios	16/10/2024	23/10/2024	8

preparación de documentación, capacitación de usuarios, monitoreo inicial y ajustes, y pruebas con usuarios.

En conclusión, el cronograma establece un plan detallado para la implementación del sistema automatizado de gestión de PGSST, asegurando que cada fase del proyecto se ejecute de manera organizada y meticulosa. Este enfoque estructurado permite abordar de manera efectiva los objetivos del proyecto, garantizando que todas las actividades necesarias se completen dentro de los plazos establecidos, lo que facilita un desarrollo coherente y exitoso del sistema que cumplirá con los estándares y requisitos normativos en Bolivia.

3.4 Índice tentativo

En esta sección se describen de forma detallada todos los capítulos a ser desarrollados en el proyecto de grado. En la introducción, se establecen los antecedentes de la problemática. Se plantea y define el problema a investigar, se delinean los objetivos generales y específicos, y se justifica la relevancia del mismo desde perspectivas legal, tecnológica y social. Además, se delimitan los límites y alcances de la investigación, proporcionando un marco contextual sólido para el desarrollo del proyecto.

El desarrollo del trabajo se fundamenta en el marco teórico y legal, donde se exploran

conceptos fundamentales de salud y seguridad ocupacional, así como la legislación aplicable a la materia. Se abordan también metodologías de desarrollo de software, análisis y evaluación de software, y se profundiza en el campo de la inteligencia artificial, proporcionando un contexto amplio y diverso que sustenta la investigación los objetivos del proyecto.

Tras el marco práctico en el que se resuelve el problema. Finalmente, se presentan las conclusiones derivadas del proyecto, se ofrecen recomendaciones pertinentes basadas en los hallazgos obtenidos, y se esbozan posibles líneas de trabajo. Este índice proporciona una guía clara y estructurada del contenido que se desarrollará a lo largo del trabajo, asegurando una presentación coherente y completa del proyecto.

1. Introducción

1.1. Antecedentes

1.2. Planteamiento del Problema

1.3. Definición del Problema

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

1.4.2. Objetivos específicos

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación legal

1.5.2. Justificación tecnológica

1.5.3. Justificación social

1.6. Delimitación

1.6.1. Límites

1.6.2. Alcances

2. Marco teórico y legal

2.1. Salud y Seguridad Ocupacional

2.1.1. Conceptos Fundamentales

2.1.1.1. Seguridad Ocupacional

2.1.1.2. Salud Ocupacional

- 2.1.1.3. Higiene Ocupacional
- 2.1.1.4. Enfermedad Ocupacional
- 2.1.1.5. Sistema de Gestión de Riesgos Ocupacionales
- 2.1.2. Accidentes e Incidentes Ocupacionales
- 2.1.3. Factores de accidentes
 - 2.1.3.1. Actos Inseguros
 - 2.1.3.2. Condición Insegura
- 2.1.4. Ingeniería de Seguridad
- 2.1.5. Práctica de Seguridad
- 2.1.6. Investigación de accidentes
- 2.1.7. Peligro
- 2.1.8. Riesgo
 - 2.1.8.1. Riesgo Físico
 - 2.1.8.2. Riesgo Mecánico
 - 2.1.8.3. Riesgo Químico
 - 2.1.8.4. Riesgo Biológico
 - 2.1.8.5. Riesgo Psicosocial
 - 2.1.8.6. Riesgo Ergonómico
 - 2.1.8.7. Riesgo Aceptable
- 2.1.9. Condiciones de Trabajo
 - 2.1.9.1. Iluminación
 - 2.1.9.2. Estrés Térmico
 - 2.1.9.3. Sonometría
 - 2.1.9.4. Ventilación
 - 2.1.9.5. Señalización
 - 2.1.9.6. Ergonomía
 - 2.1.9.7. Equipo de Protección Personal (EPP)
 - 2.1.9.8. Comité Mixto
 - 2.1.9.9. Inspección de Salud y Seguridad en el trabajo

2.2. Legislación Aplicable a la SySO

- 2.2.1. Contexto Histórico
- 2.2.2. Normativa obligatoria
 - 2.2.2.1. Constitución Política del Estado
 - 2.2.2.2. Ley General del Trabajo
 - 2.2.2.3. Reglamento de la Ley General de Trabajo
 - 2.2.2.4. Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar
 - 2.2.2.5. Disposiciones Complementarias
- 2.2.3. Normativa voluntaria
 - 2.2.3.1. NB/ISO 62005:2005
 - 2.2.3.2. NB/ISO 55001:2005
 - 2.2.3.3. NB/ISO 51002:2012
 - 2.2.3.4. NB/ISO 7243:2018
 - 2.2.3.5. NB/ISO 45001:2018
 - 2.2.3.6. NB/ISO 51001:2022
 - 2.2.3.7. NB/ISO 58005:2022
 - 2.2.3.8. NB/ISO 11226:2022

2.3. Metodologías de Desarrollo de Software

- 2.3.1. Programación Extrema
- 2.3.2. Programación Extrema Personal
 - 2.3.2.1. Técnica MoSCoW

2.4. Análisis y Evaluación de Software

- 2.4.1. Estándar ISO 25000:2014
- 2.4.2. Método Objetivo-Pregunta-Métrica

2.5. Inteligencia Artificial

- 2.5.1. Aprendizaje
- 2.5.2. Redes Neuronales
- 2.5.3. Visión Computacional
- 2.5.4. Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN)

- 2.5.5. Modelos de Lenguaje Multimodales
- 2.5.6. Evaluación de Modelos
- 2.5.7. Generación de Lenguaje Natural
- 2.5.8. Generación de Descripciones de Imágenes

3. Marco Práctico

- 3.1. Revisión de Requisitos
- 3.2. Casos de Uso
- 3.3. Selección de Tecnologías
- 3.4. Arquitectura del Sistema
- 3.5. Implementación del sistema
- 3.6. Evaluación de la calidad del software

4. Marco Analítico

- 4.1. Resultados y Discusión
- 4.2. Análisis de Costos
 - 4.2.1. Costos de Desarrollo
 - 4.2.2. Costos de Infraestructura
 - 4.2.2.1. Servidores y Almacenamiento
 - 4.2.2.2. Red y Seguridad
 - 4.2.2.3. Costos Totales de Infraestructura
 - 4.2.3. Gastos Legales
 - 4.2.4. Inversión Total Inicial
- 4.3. Evaluación de Proyecto de Inversión
 - 4.3.1. Comparación Costo Beneficio
 - 4.3.2. Valor Actual Neto
 - 4.3.3. Tasa Interna de Retorno
 - 4.3.4. Conclusión
- 4.4. Análisis de Competidores

4.5. Conclusión del capítulo

5. Marco Conclusivo

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones

5.3. Trabajos Futuros

6. Bibliografía, Apéndices y Anexos

BIBLIOGRAFÍA

- ASAMBLEA CONSTITUYENTE DE BOLIVIA, 2009. *Constitución Política del Estado (CPE)*.
- BALTRUŠAITIS, Tadas; AHUJA, Chaitanya y MORENCY, Louis-Philippe, 2018. Multimodal machine learning: A survey and taxonomy. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. Vol. 41, n.º 2, págs. 423-443.
- BASAVARAJ, MJ y SHET, KC, 2008. Empirical validation of Software development effort multipliers of Intermediate COCOMO Model.
- BRAUER, Roger L, 2022. *Safety and health for engineers*. John Wiley & Sons.
- CAHUASQUITA LOZA, Jhesicka et al., 2022. *Diseño de un programa de seguridad y salud en el trabajo de acuerdo a la Norma Técnica de Seguridad NTS-009/18. Caso: Empresa de Embutidos y Fiambres “San Andrés”*. Tesis doct.
- CHOPITEA CANTOS, Javier Aitor y DELGADO ARTEAGA, Leila Janeth, 2014. Metodología para la identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER).
- DZHUROV, Yani; KRASTEVA, Iva e ILIEVA, Sylvia, 2009. Personal Extreme Programming—An Agile Process for Autonomous Developers.
- EDICIONES NACIONALES SERRANO, 2019. *COMPENDIO LEY GENERAL DEL TRABAJO. SERRANO COLECCION JURIDICA*, n.º 13978. ISBN 9789990589108.
- GATT, Albert y KRAHMER, Emiel, 2018. Survey of the state of the art in natural language generation: Core tasks, applications and evaluation. *Journal of Artificial Intelligence Research*. Vol. 61, págs. 65-170.
- GLASSDOOR, 2024. *Junior Software Developer Salaries in Bolivia*. Disponible también desde: https://www.glassdoor.com/Salaries/bolivia-junior-software-developer-salary-SRCH_IL.0,7_IN30_K08,33.htm.

GOBIERNO DE BOLIVIA, 2004. *Decreto Supremo 27324, Artículo 15* [^1^]. Accedido el 18 de Abril de 2024.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua y COURVILLE, Aaron, 2016. *Deep learning*. MIT press.

HENDRYCKS, Dan y DIETTERICH, Thomas, 2019. Benchmarking neural network robustness to common corruptions and perturbations. *arXiv preprint arXiv:1903.12261*.

INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD, 2005. *NORMA BOLIVIANA NB 62005:2005 Calidad del aire - Ruido ambiental - Vocabulario*.

INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD, 2012. *NORMA BOLIVIANA NB 51002:2012 Condiciones mínimas de niveles de iluminación en los lugares de trabajo*.

INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD, 2018. *NORMA BOLIVIANA NB 7243:2018 Evaluación del estrés térmico utilizando el índice WBG*.

INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD, 2023. *NORMAS DE ERGONOMÍA*.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2014. *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. Disponible también desde: <https://www.iso.org/standard/64764.html>.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018. *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo [ISO 45001:2018]*. Disponible también desde: <https://www.iso.org/standard/63787.html>.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2022. *Inteligencia artificial. Conceptos y terminología de inteligencia artificial*.

JURAFSKY, Dan, 2000. *Speech & language processing*. Pearson Education India.

KIM, Jeong Beom, 2019. Implementation of artificial intelligence system and traditional system: a comparative study. *Journal of System and Management Sciences*. Vol. 9, n.º 3, págs. 135-146.

KREKEL, Christian; WARD, George y DE NEVE, Jan-Emmanuel, 2019. Employee well-being, productivity, and firm performance: Evidence and case studies. *Global happiness and wellbeing*.

LAVADENZ MACEDA, Adriana Mariel et al., 2021. *Plataforma virtual para prevención de suicidio e intervención en momentos de crisis*. Tesis doct.

MARTHASARI, Gita; SUHARSO, Wildan y ARDIANSYAH, Frendy Ardiansyah, 2018. Personal Extreme Programming with MoSCoW Prioritization for Developing Library Information System. *Proceeding of the Electrical Engineering Computer Science and Informatics*. Vol. 5, n.º 1, págs. 537-541.

MARTÍNEZ SALAZAR, Erika Patricia y MURILLO BALTAN, Solanyi, 2021. OIT entornos seguros y saludables: una guía para apoyar a las organizaciones empresariales a promover la seguridad y la salud en el trabajo.

MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL, 2019. *GUÍA PARA SEÑALIZACIÓN EN LA INDUSTRIA*. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural. Revisión: Miguel Ángel Moscoso Rodríguez, Director General de Servicio y Control Industrial. Contenido y redacción: Wilder Fernando Aguilar Quispe, Técnico en Calidad e Inocuidad Alimentaria.

MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL, 2024. *Bolivia registra más de 12.300 nuevas empresas en el último año y continúan las medidas de fomento a la producción nacional*. Disponible también desde: <https://produccion.gob.bo/?p=20679>.

MINISTERIO DE TRABAJO, EMPLEO Y PREVISIÓN SOCIAL, 2023a. *Ergonomía y Procedimiento de Evaluación de Riesgos Disergonómicos*. Disponible también desde: https://www.mintrabajo.gob.bo/?page_id=434.

MINISTERIO DE TRABAJO, EMPLEO Y PREVISIÓN SOCIAL, 2023b. *Programa de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Disponible también desde: <https://www.ppollegal.com/wp-content/uploads/2023/06/NTS-009.pdf>.

MINISTERIO DE TRABAJO, EMPLEO Y PREVISION SOCIAL, 1979. *Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar* [Decreto Ley No. 16998]. Disponible también desde: <https://www.consultores-ambientales.com.bo/wp-content/uploads/2016/04/11.-Ley-de-Higiene-Seguridad-Ocupacional-y-Bienestar.pdf>.

MINISTERIO DE TRABAJO, EMPLEO Y PREVISION SOCIAL, 2018. *Programa de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Disponible también desde: <https://d2labml0vmb1kx.https://d2labml0vmb1kx>.

cloudfront.net/files/news/documents/1550854319_nts-009-norm-t-cnica-de-aprobacion-de-programas-anexo-a-rm-1411-.pdf.

MINISTERIO DE TRABAJO, EMPLEO Y PREVISION SOCIAL, 2022. *Reglamento para la designación de Coordinadores, Conformación y Posesión de Comités Mixtos de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar*. Disponible también desde: [https://www\[mintrabajo.gob.bo/wp-content/uploads/2022/06/RESOLUCION-437-22-REGLAMENTO.pdf](https://www[mintrabajo.gob.bo/wp-content/uploads/2022/06/RESOLUCION-437-22-REGLAMENTO.pdf).

MORAN-FUENTES, Jose Juan; CARLOS-ORNELAS, Carmen Estela y SOTO-MORONES, Humberto, 2022. Prácticas de gestión de seguridad y salud en el trabajo: Una revisión sistemática de la literatura. *Ciencias Administrativas. Teoría y Praxis*. Vol. 18, n.º 1, págs. 89-104.

MORANT, Rafael Cervantes; SILVA, Herland Tejerina; LÓPEZ, Margarita Garnica; AYLLÓN, Luis Quinteros; SULLAEZ, Lía Lopez y BARRERA, Karla Noya, 2011. *Diagnóstico Situacional en Seguridad y Salud en el Trabajo en Bolivia* [Instituto Salud y Trabajo (ISAT), Gobierno de Canadá]. Disponible también desde: https://www.researchgate.net/profile/Herland-Tejerina/publication/259459558_Diagnostico_Situacional_en_Seguridad_y_Salud_en_el_Trabajo_-_Bolivia/links/0046352bc526aa1e9000000/Diagnostico-Situacional-en-Seguridad-y-Salud-en-el-Trabajo-Bolivia.pdf.

NIELSEN, Michael A, 2015. *Neural networks and deep learning*. Vol. 25. Determination press San Francisco, CA, USA.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, 1997. *Thesaurus de la OIT*. Disponible también desde: <https://metadata.ilo.org/thesaurus/1988838150.html>. Consultado el 16 de abril de 2024.

PAPINENI, Kishore; ROUKOS, Salim; WARD, Todd y ZHU, Wei-Jing, 2002. Bleu: a method for automatic evaluation of machine translation. En: *Proceedings of the 40th annual meeting of the Association for Computational Linguistics*, págs. 311-318.

PRESSMAN, Roger S, 2005. *Software engineering: a practitioner's approach*. Palgrave macmillan.

SCHÜTZE, Hinrich; MANNING, Christopher D y RAGHAVAN, Prabhakar, 2008. *Introduction to information retrieval*. Vol. 39. Cambridge University Press Cambridge. Disponible también desde: <https://nlp.stanford.edu/IR-book/>.

SOLTANIFAR, Mehrdad, 2022. *ISO 45001 implementation: How to become an occupational health and safety champion*. Productivity Press.

- SZELISKI, Richard, 2022. *Computer vision: algorithms and applications*. Springer Nature.
- TYAGI, Priyanka, 2021. *Pragmatic flutter: building cross-platform mobile apps for android, iOS, web & desktop*. CRC Press.
- VALVERDE-MENDOZA, Magna Teodomira, 2022. La enfermedad ocupacional en el régimen laboral de la actividad privada. *QuantUNAB*.
- VAN SOLINGEN, Rini y BERGHOUT, Egon W, 1999. *The Goal/Question/Metric Method: a practical guide for quality improvement of software development*. McGraw-Hill.
- VILLAMOR ROJAS, Daniel, 2017. *Estructura clúster failover para la alta disponibilidad de datos criticos y continuidad del negocio*. Tesis doct.
- VINCENT, William S, 2022. *Django for Beginners: Build websites with Python and Django*. WelcomeToCode.
- VINYALS, Oriol; TOSHEV, Alexander; BENGIO, Samy y ERHAN, Dumitru, 2015. Show and tell: A neural image caption generator. En: *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, págs. 3156-3164.
- XU, Peng; ZHU, Xiatian y CLIFTON, David A, 2023. Multimodal learning with transformers: A survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.

APÉNDICE A

ENTREVISTA: ING PAOLA ALIENDRE

Fecha:03-04-2024

¿Cuál considera usted que es el aspecto más complejo entre los 13 pasos, puntos o documentos que se deben presentar al subir el PGSST a la página? ¿Por qué? ¿O cuál demanda más tiempo para completarse?

De todos los 13 pasos, puntos o documentos que se presentan cuando se sube el PSCT a la página, el más complicado es el punto uno, que describe todas las condiciones de la empresa. Este punto es crucial ya que contiene el soporte técnico de cómo implementar la seguridad, y además se han añadido otros complementos como la gestión de la ergonomía y la parte psicosocial.

¿Cuánto tiempo, en términos generales, toma completar todo el programa? Por ejemplo, en días o meses.

Dependiendo del tamaño de la empresa, la implementación del programa completo puede llevar desde tres meses hasta incluso seis meses en el caso de pequeñas empresas sin ningún sistema previo.

¿Cuáles características le gustaría que el sistema a desarrollar posea?

Se desea un programa que facilite la aplicación de los métodos de gestión de seguridad, especialmente para las pequeñas y medianas empresas, con características que agilicen el proceso y reduzcan los tiempos de desarrollo y de cumplimiento legal.

¿Podría proporcionarme acceso a una base de datos de proyectos de salud y seguridad previamente realizados para utilizarlos como referencia? ¿O qué alternativas sugiere para obtener recursos similares?

No es posible obtener acceso a una base de datos de proyectos de salud y seguridad ya hechos,

pero se sugiere buscar en las bases de datos de las universidades, como la UMSA, donde se pueden encontrar proyectos de grado relacionados con seguridad y salud laboral.

¿Dónde podría obtener estadísticas referente al PGSST en Bolivia?

La información sobre el sistema de gestión de seguridad se puede encontrar consultando registros en el Ministerio del Trabajo, donde se registran las empresas formales y sus sistemas de gestión.

Fecha: 17-06-2024

¿Cuáles son las actividades principales que se realizan para implementar un Programa de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (PGSST)?

Las actividades principales incluyen la identificación de riesgos mediante la IPER, estudios de higiene y monitoreo, elaboración del plan de emergencia, planificación y capacitaciones, y organización del comité mixto. Cada una de estas actividades tiene su importancia y debe ser desarrollada de acuerdo con la normativa vigente.

¿Qué documentos se deben desarrollar como parte de estas actividades para un PGSST?

Los documentos que se deben desarrollar como parte de estas actividades para un PGSST incluyen la matriz de identificación de peligros, evaluación y control de riesgos (IPER), el plan de seguridad y salud en el trabajo, los procedimientos operativos estándar, los registros de capacitación, y los informes de auditoría.

¿Cuál es el porcentaje de tiempo dedicado a cada tarea en la implementación de un PGSST?

El tiempo varía según la empresa y la actividad. La IPER es una de las actividades que más tiempo demanda, aproximadamente un 40 % del tiempo total del proyecto. El plan de emergencia y el comité mixto pueden tomar alrededor de un 20 % y 10 % respectivamente. Los monitoreos también representan un 10 % del tiempo total. El resto de tiempo se distribuye entre las demás tareas.

¿Qué aspectos deben considerarse al determinar los costos de implementar un PGSST?

Los costos varían dependiendo de la magnitud de la empresa, la cantidad de trabajadores, el estado actual de la empresa y el tiempo que demandará la implementación. Por ejemplo, en el caso de Repsol, se cobra por campo petrolero, alrededor de 10 mil dólares cada uno. Para una empresa pequeña o mediana, los costos pueden ser significativamente menores, posiblemente alrededor de 300 dólares si se utiliza un software adecuado para reducir los costos.

¿Cómo se cotizan las actividades específicas dentro del PGSST?

Las actividades específicas, como la IPER, pueden ser cotizadas por ítem. Por ejemplo, para una empresa particular, el servicio de consultoría para la IPER puede costar varios miles de dólares, dependiendo de la complejidad y el tiempo requerido. No existe un arancel fijo, y todo se basa en la oferta y demanda, así como en la experiencia y reputación del profesional.

¿Cómo se diferencian los costos y tiempos de implementación entre diferentes tipos de empresas, como pymes y grandes corporaciones?

Las empresas más grandes, como YPFB, tienen estructuras más complejas y pueden requerir más tiempo y recursos para la implementación. Las pymes, en cambio, pueden tener una implementación más sencilla y rápida, pero aún así, todo depende de su estructura organizacional y el alcance del PGSST que deseen implementar.

¿Podría dar una referencia de costos para diferentes tamaños de empresas?

Para una microempresa, los costos podrían ser mucho menores, ya que la estructura y la cantidad de trabajo son más pequeñas. Personalmente, no cobro menos de 500 dólares por cualquier tipo de asesoría. Para proyectos más grandes, como el de Repsol, los costos pueden estar entre 10 mil y 14 mil dólares por campo petrolero.

Analizando el caso específico del PGSST de la Universidad Católica, ¿cuáles fueron los pasos iniciales para su desarrollo?

Los pasos iniciales incluyeron reuniones con los involucrados, la creación de una agenda de trabajo conjunto y la asignación de un supervisor o fiscal del proyecto. Este proceso tomó alrededor de tres meses y requirió la participación activa de los responsables de cada área.

¿Cuánto tiempo tardó cada una de las partes del PGSST en la Universidad Católica?

La IPER tomó aproximadamente dos meses y medio. El comité mixto fue lo más complicado, ya que no existía previamente y se demoró alrededor de cuatro a seis meses en ser conformado. Los monitoreos fueron rápidos, aproximadamente una semana, y la implementación del plan de acción se realizó en paralelo con estas actividades.

¿Qué aceptación tuvo el PGSST en la Universidad Católica y qué cambios se notaron?

La aceptación fue positiva, especialmente en términos de organización interna. Se nombró un comité mixto y se implementaron varias mejoras basadas en el programa. Sin embargo, el éxito a largo plazo depende de la implementación y seguimiento continuo por parte de la universidad.

En su experiencia, ¿qué factores contribuyen a la falta de cumplimiento o implementación inadecuada de los PGSST?

Los factores que contribuyen a la falta de cumplimiento o implementación inadecuada de los

PGSST son la falta de compromiso por parte de la alta dirección, la insuficiencia de recursos financieros y humanos, y la carencia de una cultura de seguridad en la organización.

¿Cómo se maneja la actualización y adaptación de los PGSST ante cambios en la legislación o normativas de seguridad y salud ocupacional?

La actualización y adaptación de los PGSST ante cambios en la legislación o normativas de seguridad y salud ocupacional se maneja revisando periódicamente las políticas y procedimientos del programa, asegurando que cumplan con las nuevas regulaciones, y capacitando al personal sobre los cambios relevantes. Tu proyecto debería estar dirigido para aquellas empresas que se quieren implementar o actualizar su PGSST.

¿Qué estrategias se han implementado para involucrar a los empleados en el proceso de desarrollo y mejora continua del PGSST?

Las estrategias para involucrar a los empleados en el proceso de desarrollo y mejora continua del PGSST incluyen la creación de comités de seguridad, la realización de encuestas de opinión, y la implementación de programas de incentivos por cumplimiento de normas de seguridad.

¿Cómo se puede fomentar una cultura de prevención y seguridad más proactiva dentro de las organizaciones?

Para fomentar una cultura de prevención y seguridad más proactiva dentro de las organizaciones, es esencial implementar programas de capacitación continua, promover la participación activa de todos los niveles de la organización, y establecer sistemas de reconocimiento y recompensas para el cumplimiento de prácticas seguras.

¿Cómo se utilizan los equipos para los estudio y monitoreos de higiene?

En la práctica los equipos ya tienen softwares que directamente se conectan. Donde tú descargas los datos, pero lo difícil de eso es que igual tienes los datos y tienes que pasar a la planilla.

Fecha:18-06-2024

¿Que actividades son las más satisfactorias profesionalmente del desarrollo de un PGSST?

Las actividades más satisfactorias profesionalmente del desarrollo de un PGSST incluyen la implementación de las medidas de control. El entrevistado menciona que es gratificante ver cómo las medidas propuestas, basadas en la jerarquía de controles (eliminación, sustitución, controles de ingeniería, administrativos y EPP), se implementan y contribuyen a mejorar la seguridad y salud en el trabajo. Esta actividad requiere tanto de conocimientos teóricos como prácticos, y ver los resultados positivos de estas medidas proporciona una gran satisfacción profesional.

¿Que actividades son las menos satisfactorias profesionalmente del desarrollo de un PGSST?

Las actividades menos satisfactorias incluyen la investigación de accidentes, ya que se trata de analizar eventos después de que han ocurrido, lo cual no puede revertir los daños sufridos. También se mencionan los informes de monitoreo, que a menudo no conducen a acciones concretas si no se actúa sobre las recomendaciones.

¿Qué actividades del desarrollo de una IPER son las mas y las menos satisfactorias profesionalmente?

En el desarrollo de una IPER (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos), las actividades más satisfactorias incluyen la identificación y cuantificación de riesgos y la implementación de medidas de control efectivas. Estas actividades permiten visualizar y mitigar los peligros de manera proactiva. Las menos satisfactorias son las relacionadas con peligros recurrentes y aparentemente "tontos" que, aunque pueden causar accidentes graves, a menudo son subestimados y requieren atención constante.

¿Qué actividades del desarrollo de un plan de emergencia son las mas y las menos satisfactorias profesionalmente?

En el desarrollo de un plan de emergencia, las actividades más satisfactorias incluyen la planificación de escenarios adecuados para la organización y la implementación de medidas prácticas y alcanzables que aseguren una respuesta eficaz en situaciones de emergencia. Las menos satisfactorias son aquellas en las que, a pesar de una buena planificación, la falta de aplicación práctica y de formación adecuada en la empresa reduce la efectividad del plan.

¿Que actividades del desarrollo de un PGSST deberían automatizarse a su criterio?

Basado en mi experiencia, hay varias actividades dentro del desarrollo de un Programa de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (PGSST) que deberían automatizarse para mejorar la eficiencia y reducir la carga administrativa sobre los profesionales. Una de las principales actividades que debería automatizarse es la gestión de los informes de monitoreo. Estos informes, aunque esenciales, a menudo se quedan en papel y no se implementan adecuadamente. Automatizar la recopilación y el análisis de los datos de monitoreo permitiría una respuesta más rápida y efectiva a las necesidades identificadas, como ajustes en la iluminación o reducción del ruido en el ambiente laboral.

Otra área que se beneficiaría de la automatización es la capacitación y la formación del personal en el llenado de registros y plantillas. Actualmente, se invierte mucho tiempo en enseñar a los trabajadores cómo completar estos documentos correctamente.

La implementación de políticas y procedimientos estándar también podría ser automatizada.

Aunque cada empresa tiene sus particularidades, los fundamentos de las políticas de seguridad y salud ocupacional son similares. Un sistema que permita personalizar plantillas de políticas y procedimientos según los requisitos específicos de la empresa, pero basado en estándares como la ISO 45001, podría facilitar mucho este proceso.

Además, la automatización del diseño y la gestión de la matriz IPER (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos) sería muy beneficiosa. La IPER es una herramienta fundamental que requiere tanto análisis cualitativo como cuantitativo. Un software que ayude a identificar peligros y evaluar riesgos basándose en datos históricos y en tiempo real mejoraría la precisión y reduciría el tiempo necesario para realizar estas evaluaciones.

PAOLA GIOCONDA ALIENDRE MARTINEZ
ING. INDUSTRIAL, EXPERTA EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO



APÉNDICE B

DESARROLLO DE PROTOTIPOS

Desarrollo de Prototipos

Leonardo Achá Boiano

Ingeniería Mecatrónica

Universidad Católica Boliviana

Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

leonardo.acha@ucb.edu.bo

Dr. Goytia Rodrigo Iván

Ingeniería Mecatrónica

Universidad de Vale do Rio dos Sinos

São Leopoldo, Brasil

ORCID: 0000-0003-1221-6397

Resumen—Este artículo presenta el desarrollo de prototipos para un sistema de automatización de Programas de Salud y Seguridad en el Trabajo (PSST). Se abordan aspectos como la interfaz gráfica, el análisis de información mediante técnicas de aprendizaje profundo alcanzando una perdida de entrenamiento de 0.82 y una perdida de validación de 0.67, finalmente se analiza una manera de automatizar la gestión de riesgos ocupacionales a través de la Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos así como la matriz resumen denominada como Programa de Gestión. El artículo concluye resaltando los beneficios de los prototipos desarrollados y la necesidad de abordar los desafíos para una implementación exitosa en entornos sensibles.

Index Terms—Automatización, Prototipo, Programas de Salud y Seguridad en el Trabajo, Interfaz Gráfica, Detección de Objetos.

I. INTRODUCCIÓN

Este artículo explora a fondo los primeros pasos en el desarrollo de las características de un sistema que permite automatizar el proceso de redacción y desarrollo de los Programas de Salud Y Seguridad en el Trabajo(PSST), permitiendo la personalización según las necesidades específicas de la organización, garantizar el cumplimiento normativo y proporcionar una documentación detallada de políticas y procedimientos de seguridad.

Entendiendo por prototipo a una representación inicial del producto en una o varias dimensiones relevantes. Bajo esta perspectiva, cualquier entidad que muestre al menos un aspecto del producto que interese al equipo de desarrollo puede ser considerada como un prototipo. En otras palabras, tal y como se define en (1) el proceso de construcción de prototipos implica desarrollar esa representación inicial del producto.

II. DESARROLLO DE PROTOTIPOS

II-A. Interfaz Gráfica

Se inició el proceso de prototipado mediante un bosquejo inicial de la interfaz de usuario a partir de la cual el cliente hará uso de las características fundamentales del programa. Pasando por una fase de lluvia de ideas mediante en la que se desarrollaron modelos conceptuales por medio de herramientas de arte generativo tales como las expuestas en la Figura 1 en base a los cuales se iteró hasta llegar a la representación de la Figura 2.

Se dividió la pantalla principal en cinco partes principales: Pestañas de contenido técnico, panel de visualización del estado actual del proyecto, resumen de métricas relevantes,



Figura 1. Arte Conceptual de la Interfaz del Sistema Planteado

barra de herramientas y sección de entrada de información. En donde las pestañas de contenido posicionadas al lado lateral izquierdo se encuentran compuestas por las trece secciones de contenido técnico que expone (2) en adición a una pestaña de resumen general. A su vez en el panel de visualización del estado actual se puede visualizar el documento renderizado que se encuentra disponible para su descarga; Se plantea que dependiendo de la pestaña seleccionada se visualice solo la parte que corresponda a la pestaña mientras que en panel de resumen se visualice todo el documento completo. Por otro lado, situado en la parte inferior derecha se encuentran las entradas de dos tipos de información importante: La ubicación que se está analizando y el texto que describe las tareas que realiza la planta.

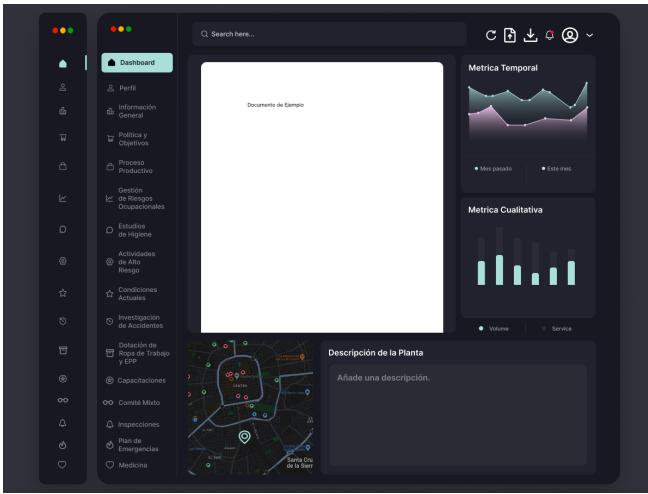


Figura 2. Panel Principal de la Interfaz del Sistema Planteado

II-B. Análisis de Información

Actualmente los PSST se desarrollan a partir de la experiencia de un profesional en el área de Salud y Seguridad en el Trabajo quien visita la ubicación que tiene que analizar tomando fotografías, entrevistando a trabajadores y solicitando información necesaria a las empresas que requiere el servicio. En el contexto de la revolución de la inteligencia artificial (3) se plantea el uso de herramientas innovadoras que conjuntamente con técnicas clásicas permitan maximizar el análisis de imágenes, texto o voz para reproducir en cierta medida el proceso que siguen los especialistas.

II-B1. Detección de Elementos en Imágenes

Haciendo uso de (4) se plantea utilizar modelos de redes neuronales para la detección de personal incumpliendo normativas de seguridad en un planta como puede ser la falta de uso de cascos o chalecos señalizadores tal y como se aprecia en la Figura 3.

Utilizar modelos de detección de objetos preentrenados en el conjunto de datos MS COCO es una práctica extendida en el ámbito de la visión por computadora y el aprendizaje profundo. Este enfoque resulta efectivo dada la amplitud del conjunto de datos MS COCO, que abarca 80 clases y permite que los modelos preentrenados identifiquen objetos de diversas categorías, tales como personas, automóviles y camiones. Numerosos sistemas a nivel de producción hacen uso de estos modelos para abordar sus casos de uso. Haciendo uso de esta técnica se alcanzaron los resultados de expuestos en las Figuras 4 y 5. La pérdida en el conjunto de entrenamiento alcanzó un valor de 0.812, lo que representa la medida de discrepancia entre las predicciones generadas por el modelo y los valores reales durante el proceso de entrenamiento. Simultáneamente, la pérdida en el conjunto de validación fue de 0.668, indicando la discrepancia en las predicciones del modelo en comparación con los datos de validación.



Figura 3. Prototipo de Sistema de Detección de Incumplimientos de Seguridad

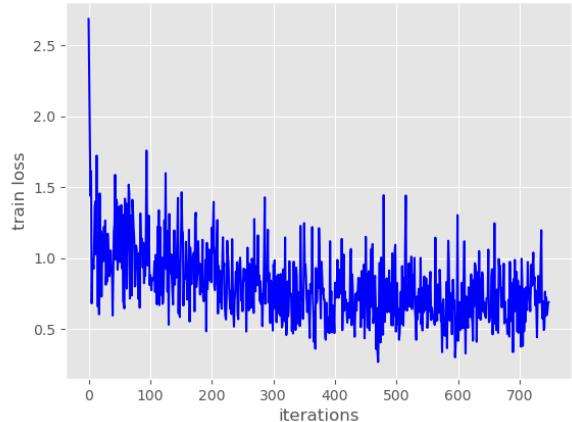


Figura 4. Gráfica del Perdida de Entrenamiento del Modelo de Detección

II-C. Gestión de Riesgos Ocupacionales

La gestión de riesgo se suele desarrollar mediante la metodología de la Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, IPER según su denominación abreviada, una herramienta de gestión empleada para la Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos. Su diseño implica una descripción minuciosa de peligros, riesgos, niveles de gravedad, probabilidad, medidas de control y planes de tratamiento. Su enfoque se orienta hacia la optimización de la evaluación, control y seguimiento de los factores de riesgo identificados, brindando así a la organización una eficiente gestión de dichos elementos. En el diagrama de la Figura 6 se expone el

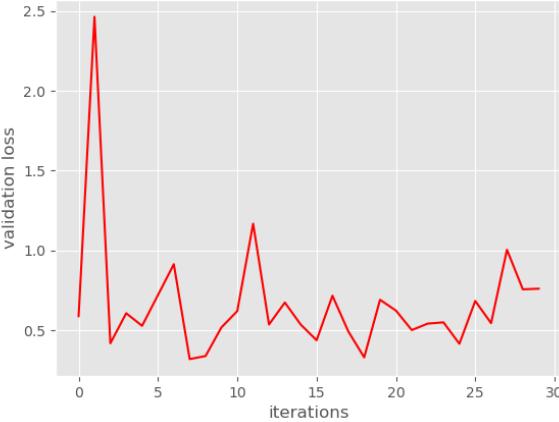


Figura 5. Gráfica del Perdida de Validación del Modelo de Detección

diagrama de lenguaje unificado de modelado(UML) de una clase desarrollada para encapsular la información contenida en una fila de la matriz IPER desarrollada en base a matrices utilizadas en la industria,

En términos técnicos, la clase tiene varios atributos, como `sector`, `subsector`, `person_count`, `usage_time`, `implemented_controls` y `problem_description`. Estos atributos se utilizan para inicializar la instancia de la clase. Además, hay varios índices como INPE, IFDE y ICO, que se calculan internamente basándose en la información proporcionada al crear una instancia.

La clase también tiene métodos privados que realizan diversas funciones, como evaluar la probabilidad de riesgo, calcular el nivel de riesgo, evaluar la aceptabilidad del riesgo, elegir condiciones, seleccionar peligros, y generar información sobre el origen del peligro y los controles preexistentes.

Se proporciona un conjunto de opciones de peligro que se pueden seleccionar, cada uno identificado por un número del 1 al 42, junto con una descripción detallada de cada peligro. Además, se definen criterios de severidad de daño, índices de personas expuestas, frecuencia y duración de la exposición, índices de controles existentes, y otras condiciones que influyen en la evaluación del riesgo.

La clase utiliza estos datos para calcular la probabilidad, severidad del daño, nivel de riesgo y aceptabilidad del riesgo. También se implementan métodos para seleccionar condiciones y peligros, lo que permite una evaluación más interactiva y específica del riesgo en función de la descripción del problema.

Es importante tener en cuenta que la clase utiliza métodos de selección basados en interacción con el usuario para algunos de sus atributos, como la cantidad de personas expuestas, la frecuencia y duración de la exposición, y otros. Además, se realiza una llamada a la API de ChatGPT para generar respuestas automáticas en los métodos `_elegir_condicion` y `_seleccionar_peligro`.

Acto seguido se desarrolló la clase `GestionProgram` de la Figura 7, diseñada como una clase especializada que hereda de la clase `pd.DataFrame`, lo que indica su asociación con la biblioteca Pandas para la manipulación de datos en Python. El propósito principal de esta clase es gestionar y organizar datos relacionados con un programa de gestión de riesgos, específicamente manipulando información derivada de un conjunto de datos de Evaluación Inicial de Peligros y Riesgos (IPER).

El constructor de la clase, `__init__`, recibe como parámetro un DataFrame de Pandas (IPER). Se espera que este DataFrame contenga información relacionada con peligros, riesgos y detalles asociados. Al instanciar la clase, esta se inicializa creando un nuevo DataFrame con columnas especificadas.

El constructor itera a través de los valores únicos de varias columnas en el DataFrame IPER, como peligros, índices y sectores. Para cada combinación de peligro e índice, se llenan en el nuevo DataFrame detalles relevantes, incluyendo el índice, el objetivo, la actividad y otros detalles.

En otras palabras, la finalidad de la clase `GestionProgram` es analizar y resumir la información desarrollada en la matriz IPER para su rápida comprensión por el personal autorizado.

III. DISCUSIÓN

III-A. Interfaz Gráfica

En lo que respecta al tamaño de la ventana que permite localizar el establecimiento analizado de importancia notar que cada PSST está ligado a una ubicación por lo que independientemente de que se trate de una misma empresa, una diferente ubicación implica un diferente documento; Una misma empresa puede desarrollar múltiples PSST, pero un PSST puede tener una sola ubicación. Lo que permite deducir que se puede utilizar a la ubicación que se está evaluando como identificador único de un PSST y por tanto es un elemento que debe estar presente.

III-B. Análisis de Información

Se utilizaron las interfaces provistas por tensorflow y pytorch evaluando la facilidad de uso de cada una al momento de iterar en la creación de modelos de detección por medio de aprendizaje por transferencia. De las pruebas realizadas se determinó que pytorch permite desarrollar prototipos de modelos de detección mas rápidamente en su mayor parte debido a los problemas de compatibilidad e instalación inherentes de la API de tensorflow para detección de objetos. Entre algunos casos de uso del conjunto de datos analizado se pueden describir: En el ámbito de la construcción, el modelo de visión por computadora despliega su capacidad para vigilar el cumplimiento de regulaciones de seguridad, generando alertas instantáneas acerca de la presencia o ausencia de elementos vitales como cascos y otros equipos de protección. Este monitoreo en tiempo real contribuye a mantener un entorno laboral seguro y prevenir posibles riesgos. En entornos industriales, la automatización de inspecciones de seguridad se simplifica gracias al modelo, que identifica trabajadores

IPER_row
<pre> sector: string subsector: string problem_description: string implemented_controls: list person_count: int usage_time: int INPE: int IFDE: int ICO: int probabilidad: int nivel_de_riesgo: string aceptabilidad: string severidad_daño: int string_severidad_daño: int condicion_evaluacion: string peligro: int origen_peligro: string controles_pre_existentes: string opciones_peligro: dict </pre> <pre> __init__(sector: string, subsector: string, person_count: int, usage_time: int, implemented_controls: list, problem_description: string) _evaluar_probabilidad(): int _calcular_nivel_riesgo(): string _evaluar_aceptabilidad(): string _elegir_condicion(): string _seleccionar_peligro(): int _generar_origen_peligro(): string _generar_controles_pre_existentes(): string _get_severidad(): int _get_inpe(): int _get_ifde(): int _get_ico(): int </pre>

Figura 6. Diagrama UML de una fila de la matriz IPER

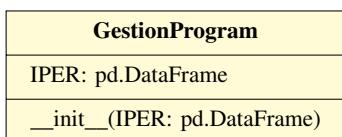


Figura 7. Diagrama UML de la clase GestionProgram.

sin los adecuados equipos de protección, mitigando así la posibilidad de accidentes. Además, para las compañías de seguros, este enfoque brinda una valiosa herramienta al evaluar riesgos, al proporcionar puntuaciones de seguridad basadas en el análisis de imágenes, informando decisiones cruciales de aseguramiento. Dentro del ámbito de la realidad aumentada, el modelo encuentra otra aplicación al integrarse para suministrar retroalimentación y entrenamiento en tiempo real. Así, guía a los trabajadores en entornos peligrosos, ofreciendo asesoramiento sobre el uso adecuado del equipo de seguridad. Adicionalmente, agencias gubernamentales pueden emplear este modelo para llevar a cabo auditorías de cumplimiento de regulaciones de salud y seguridad ocupacional, identificando posibles violaciones en videos de lugares de trabajo, los cuales pueden ser posteriormente objeto de investigaciones

detalladas.

III-C. Análisis de Información

A pesar de que el prototipo desarrollado permite desarrollar matrices IPER decentes, existen dos inconvenientes subyacentes de utilizar el modelo de OpenAI para analizar la información: Privacidad y limitada personalización. La cuestión de la privacidad se presenta como un desafío significativo al emplear el modelo de OpenAI para la generación de matrices IPER (Identificación, Prevención, Evaluación y Respuesta) en entornos sensibles. Dado que el modelo se ha entrenado en una amplia variedad de datos, existe la posibilidad de que pueda generar información sensible o identificable, lo que plantea preocupaciones sobre la confidencialidad de los datos manejados. Implementar salvaguardias y protocolos robustos para proteger la privacidad se vuelve esencial al considerar la aplicación práctica de este prototipo en contextos donde la confidencialidad de la información es crucial.

Además, la limitada personalización del modelo de OpenAI puede representar un obstáculo en situaciones donde las necesidades específicas de un usuario o una organización requieren ajustes particulares. La capacidad de adaptar el modelo a las peculiaridades del dominio de aplicación o a las preferencias del usuario podría ser clave para maximizar su utilidad. La falta de flexibilidad en la adaptación del modelo podría limitar su eficacia en casos donde se necesite una mayor especialización o ajustes específicos para abordar problemáticas únicas.

En última instancia, a pesar de los beneficios que ofrece el prototipo desarrollado utilizando el modelo de OpenAI, abordar estos desafíos subyacentes será esencial para garantizar su implementación exitosa y su aceptación en entornos donde la privacidad y la personalización son aspectos críticos.

IV. CONCLUSIÓN

El artículo explora en detalle el desarrollo de prototipos para un sistema destinado a automatizar la redacción y elaboración de Programas de Salud y Seguridad en el Trabajo (PSST). Se abordan varios aspectos fundamentales que abarcan desde la interfaz gráfica hasta el análisis de información y la gestión de riesgos ocupacionales.

En relación con la interfaz gráfica, se destaca la importancia de la ubicación como identificador único de un PSST. Se sugiere que la interfaz gráfica proporciona flexibilidad para personalizar el sistema según las necesidades específicas de la organización, facilitando así la adaptación a diversos contextos y escenarios.

En lo que respecta al análisis de información, el artículo presenta la aplicación de técnicas de aprendizaje profundo y modelos de detección de objetos para automatizar la identificación de incumplimientos de seguridad en entornos laborales. Se discuten casos de uso potenciales en la industria, la construcción y la realidad aumentada, destacando la capacidad del modelo de visión por computadora para mejorar la seguridad y prevenir riesgos.

Se introduce la Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPER) como una herramienta esencial en

la gestión de riesgos ocupacionales. Se desarrolla una clase en Python (`IPER_row`) que encapsula la información contenida en una fila de la matriz IPER, facilitando la manipulación y el análisis de datos relacionados con riesgos laborales.

La discusión sobre las limitaciones del prototipo destaca dos desafíos significativos. En primer lugar, se aborda la cuestión de la privacidad al utilizar el modelo de OpenAI para la generación de matrices IPER, enfatizando la necesidad de implementar salvaguardias y protocolos robustos para proteger la confidencialidad de los datos. En segundo lugar, se menciona la limitada personalización del modelo de OpenAI, subrayando la importancia de la adaptabilidad a las necesidades específicas de los usuarios u organizaciones.

En la conclusión general, se reconoce que el prototipo ofrece beneficios sustanciales, pero se subraya la importancia de abordar los desafíos relacionados con la privacidad y la adaptabilidad para lograr una implementación exitosa en entornos sensibles. En conjunto, el artículo proporciona una visión integral del desarrollo de prototipos para la automatización de PSST, destacando tanto sus avances como las áreas críticas que requieren atención.

REFERENCIAS

- [1] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos*. 2012.
- [2] G. Boliviano, “Norma tecnica de seguridad nts-009/23 – programa de gestion de seguridad y salud en el trabajo,” 2023.
- [3] G. Tascini, “Chatbot: a key for understanding ai revolution,”
- [4] computer vision, “Worker-safety dataset.” <https://universe.roboflow.com/computer-vision/worker-safety> , jul 2022. visited on 2023-12-13.

APÉNDICE C

DIAGRAMA GANTT DEL PROYECTO

Fase de Definición de Requisitos

1a Entrega Marco Referencial

2a Entrega de avance

Defensa de Perfil

Fase de Planificación

3a Entrega de avance

Entrega de Perfil completo

Defensa final de perfil

Fase de Iteraciones de Desarrollo

Fontend

IPER

Procesos Complementarios

Módulos Complementarios

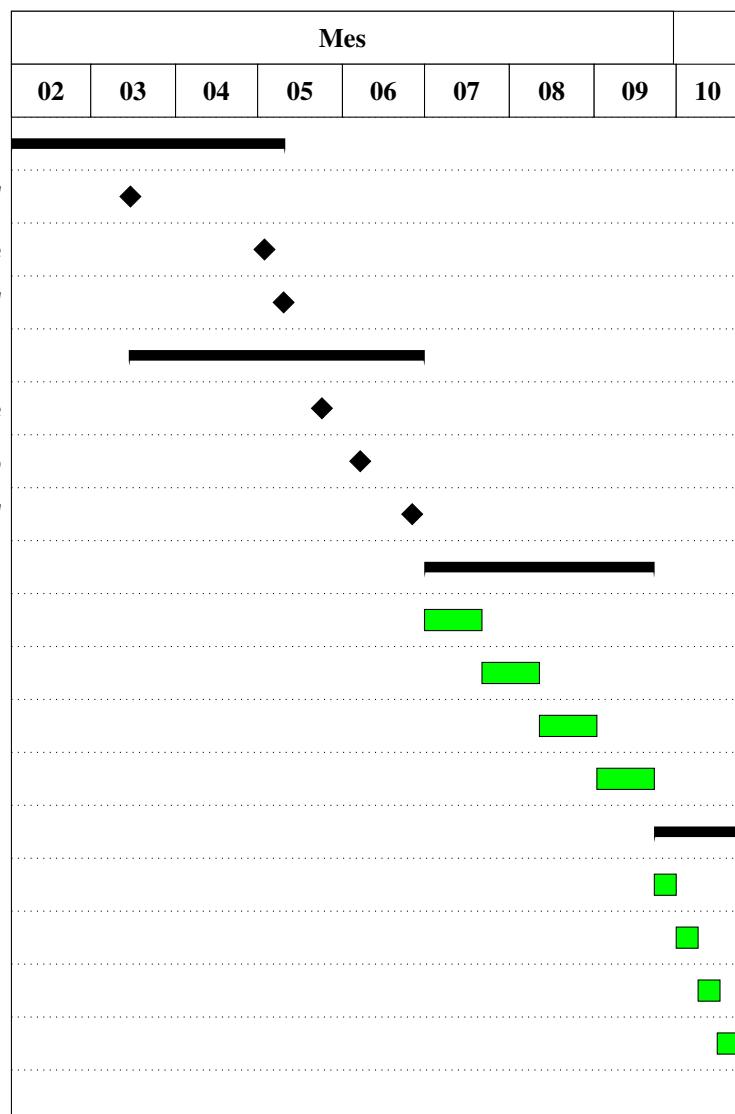
Fase de Cierre y Evaluación Final

Preparación de Documentación

Capacitación de los Usuarios

Monitoreo Inicial y Ajustes

Pruebas con usuarios





ANEXO A

SOLICITUD DE INFORMACIÓN AL MTEPS



COPIA

Santa Cruz, 09 de abril de 2024
IMT-EXT/009/2024

38427

Señor
Yecid Mollinedo
DIRECTOR GENERAL DE TRABAJO
Presente. -

Ref.: Desarrollo de Proyecto de Grado - gestión I/2024



De nuestra consideración:

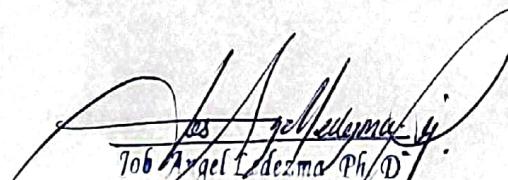
La Carrera de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Católica Boliviana "San Pablo" Sede Santa Cruz, con el objetivo de establecer una mayor correspondencia entre la teoría y la práctica en sus materias de especialidad y actividades de extensión con empresas de nuestro medio a través de proyectos, es que se le solicita a su distinguida Institución la posibilidad de que el estudiante **LEONARDO ACHA BOIANO** con C.I. 6318887 S.C., pueda solicitar la siguiente información, para poder fortalecer su propuesta de tesis, sobre la automatización de los Programas de Seguridad y Salud en el Trabajo (PGSST) en Bolivia.

Siendo de suma utilidad si podrían proporcionar datos estadísticos que incluyan:

- Número de empresas que implementan PGSST.
- Tipos de industrias más activas en la implementación de PGSST.
- Accidentes laborales y enfermedades ocupacionales registradas antes y después de la implementación de PGSST.
- Eficiencia operativa de las empresas con PGSST en comparación con las que no los tienen.
- Cumplimiento legal y tasas de sanción relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo.
- Resultados de auditorías de PGSST realizadas por el ministerio.

Y cualquier otro dato relacionado a los PGSST.

Agradeciendo de antemano su gentil colaboración y estando a su disposición para cualquier consulta, le hago llegar mis saludos cordiales.


José Angel Tadezma Ph.D.
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERIA MECATRÓNICA
"UD CATÓLICA BOLIVIANA 'SAN PABLO'"

cc. arch.
CMC/vgb

COPIA



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
BOLIVIANA
SANTA CRUZ

Santa Cruz, 08 de abril de 2024
IMT-EXT/008/2024

Señora
Veronica Navia Tejada
MINISTRA DE TRABAJO, EMPLEO Y PREVISIÓN SOCIAL
Presente. -

Ref.: Desarrollo de Proyecto de Grado - gestión I/2024

De nuestra consideración:

La Carrera de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Católica Boliviana "San Pablo" Sede Santa Cruz, con el objetivo de establecer una mayor correspondencia entre la teoría y la práctica en sus materias de especialidad y actividades de extensión con empresas de nuestro medio a través de proyectos, es que se le solicita a su distinguida Institución la posibilidad de que el estudiante **LEONARDO ACHA BOIANO** con C.I. 6318887 S.C., pueda solicitar la siguiente información, para poder fortalecer su propuesta de tesis, sobre la automatización de los Programas de Seguridad y Salud en el Trabajo (PGSST) en Bolivia.

Siendo de suma utilidad sí podrían proporcionar datos estadísticos que incluyan:

- Número de empresas que implementan PGSST.
- Tipos de industrias más activas en la implementación de PGSST.
- Accidentes laborales y enfermedades ocupacionales registradas antes y después de la implementación de PGSST.
- Eficiencia operativa de las empresas con PGSST en comparación con las que no los tienen.
- Cumplimiento legal y tasas de sanción relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo.
- Resultados de auditorías de PGSST realizadas por el ministerio.

Y cualquier otro dato relacionado a los PGSST.

Por favor remitir a la unidad correspondiente para que el estudiante entre en contacto y así podrá coordinar toda la información proporcionada.

Agradeciendo de antemano su colaboración saluda a usted atentamente,


 José Angel Ledezma Ph.D.
**DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERIA MECATRÓNICA
DAD CATÓLICA BOLIVIANA 'SAN P'**

cc. arch.
CMC/vgb





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE TRABAJO,
EMPLEO Y PREVISIÓN SOCIAL

La Paz, 06 de Mayo de 2024

CITE: MTEPS-VMTPS-DGTHSO-ASIO-RAVG-0080-CAR/24

Señor
Angel Ledezma
DIRECTOR DE CARRERA
UNIVERSIDAD CATÓLICA BOLIVIANA
Presente.-

RECIBIDO: *Paula*
UNIVERSIDAD CATÓLICA BOLIVIANA "SAN PABLO"
Fecha: *17/05/24* Hrs: *14:12*
Dpto/Carrera: *J.M.T.*

REF.: SU NOTA DE FECHA 11 DE ABRIL DE 2024

Cursa en esta Dirección General de Trabajo, Higiene y Seguridad Ocupacional su nota de fecha 11 de abril de 2024, en la que solicita datos estadísticos que involucra entre otros temas el de Accidentes laborales y enfermedades ocupacionales registradas antes y después de la implementación de PGSSST, a fin de fortalecer su propuesta de tesis sobre la automatización de los PGSSST en Bolivia.

En ese sentido informar al solicitante que contamos con los siguientes datos sobre accidentes solamente, ya que no se reportaron enfermedades laborales hasta la fecha:

GESTIÓN	ACCIDENTES DE TRABAJO OCURRIDOS (p)													TOTAL GE- NERAL	
	(EN CANTIDAD DE PERSONAS ACCIDENTADAS POR MES EN EL QUE OCURRIÓ EL ACCIDENTE)														
	PERÍODO: DE ENERO DE 2021 A ABRIL DE 2024														
2021	531	458	819	737	694	682	825	641	708	500	459	547	7.601		
2022	703	722	1.127	979	1.148	1.062	1.113	1.166	1.132	996	939	903	11.990		
2023	892	841	1.231	1.128	1.139	1.120	1.163	1.166	1.204	1.167	1.146	672	12.869		
2024	899	813	672	285	-	-	-	-	-	-	-	-	2.669		

Elaborado por: Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social - MTEP

Fuente: Área de Información Estadística - AIE

(p) datos preliminares

En ese entendido, el área de Seguridad Ocupacional se pone a disposición para dar soporte y absolver cualquier consulta referente a los datos presentados con anterioridad, comunicándose al teléfono 2408606 con el interno 2164.

Sin otro particular me despido de usted con las consideraciones más distinguidas.

Adj.
c.c.
HR 2024-38430

Rodrigo A. Villegas Godoy
RESPONSABLE DE SEGURIDAD OCUPACIONAL
DIRECCIÓN GENERAL DE TRABAJO - H.S.C.
MINISTERIO DE TRABAJO, EMPLEO
Y PREVISIÓN SOCIAL

ANEXO B

PARÁMETROS: COCOMO INTERMEDIO

Controladores de Costo	Calificaciones					
	Muy Bajo	Bajo	Nominal	Alto	Muy Alto	Extra Alto
Atributos del Producto						
Fiabilidad del software requerida	0.75	0.88	1.00	1.15	1.40	
Tamaño de la base de datos de la aplicación		0.94	0.88	1.00	1.15	
Complejidad del producto	0.70	0.85	1.00	1.15	1.30	1.65
Atributos del Hardware						
Restricciones de rendimiento en tiempo de ejecución			1.00	1.11	1.30	1.66
Restricciones de memoria			1.00	1.06	1.21	1.56
Volatilidad del entorno de máquina virtual		0.87	1.00	1.07	1.15	
Tiempo de respuesta requerido		0.87	1.00	1.07	1.15	
Atributos del Personal						
Capacidad del analista	1.46	1.19	1.00	0.86	0.71	
Experiencia en aplicaciones	1.29	1.13	1.00	0.91	0.82	
Capacidad del ingeniero de software	1.42	1.17	1.00	0.86	0.70	
Experiencia en máquinas virtuales	1.21	1.10	1.00	0.90		
Experiencia en lenguajes de programación	1.14	1.07	1.00	0.95		
Atributos del Proyecto						
Aplicación de métodos de ingeniería de software	1.24	1.10	1.00	0.91	0.82	
Uso de herramientas de software	1.24	1.10	1.00	0.91	0.83	
Cronograma de desarrollo requerido	1.23	1.08	1.00	1.04	1.10	



ANEXO C

NORMAL TÉCNICA DE SEGURIDAD 009/23

CAPITULO I GENERALIDADES

ARTÍCULO 1. (OBJETO). La presente norma tiene por objeto establecer las directrices de obligatorio cumplimiento para la presentación y aprobación de los Programas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, en adelante denominado “PGSST”, documento que contiene el conjunto de actividades y mecanismos en materia de higiene, seguridad ocupacional y bienestar implementados en la empresa o establecimiento laboral.

ARTÍCULO 2. (FINALIDAD). El PGSST, tiene la finalidad de prevenir los riesgos laborales, accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, a través de la gestión e implementación de mecanismos y medidas en el marco de la normativa legal vigente que garanticen condiciones seguras y saludables para las y los trabajadores en el desarrollo de su actividad laboral.

ARTÍCULO 3. (ÁMBITO DE APLICACIÓN). La presente norma es de aplicación obligatoria para todas las empresas o establecimientos laborales nacionales y extranjeros, que se encuentran en operación o en etapa de ejecución de proyectos, sean públicos o privados, persigan o no fines de lucro, en conformidad a lo establecido en el artículo 3 de la Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar, Decreto Supremo N° 2936 de 5 de octubre de 2016 y normativa conexa.

ARTÍCULO 4. (TERMINOLOGÍA APLICABLE). Para efectos de aplicación de la presente norma, se establecen los siguientes términos:

Acción Correctiva: Acción para eliminar la causa de una no conformidad, un accidente o incidente y prevenir que vuelva a ocurrir.

Actividad laboral: Tareas asignadas de manera permanente, periódica o esporádica a las o los trabajadores.

Brigada de Emergencia: Grupo de trabajadores organizados debidamente entrenados y capacitados para actuar antes, durante y después de una emergencia en la institución. A este grupo se les denomina brigadistas, todos los integrantes se desempeñan como promotores del área preventiva y actúan en caso de una emergencia.

Capacitación: Proceso continuo de enseñanza-aprendizaje, mediante el cual se desarrolla las habilidades y destrezas de las trabajadoras y los trabajadores que les permitan un mejor desempeño en sus labores habituales. Puede ser interna o externa, de acuerdo a un programa permanente, aprobado por la empresa o establecimiento laboral y que garantice la higiene, seguridad ocupacional y bienestar de las y los trabajadores durante sus actividades laborales.



Certificado de Aprobación Digital: Documento digital firmado digitalmente por el Director General de Trabajo, Higiene y Seguridad Ocupacional, quien aprueba el PGSST presentado, mismo que cuenta con la vigencia determinada en la presente norma.

Emergencia: Situación de peligro o desastre o la inminencia del mismo, que afecta el funcionamiento normal de la empresa o establecimiento laboral. Requiere de una reacción inmediata y coordinada de los trabajadores, brigadas de emergencias y primeros auxilios y en algunos casos de otros grupos de apoyo dependiendo de su magnitud.

Evaluación de riesgo: Proceso mediante el cual se obtiene la información necesaria para que la empresa o establecimiento laboral caracterice los riesgos a través de una metodología determinada, con el propósito de definir acciones y tomar decisiones.

Identificación de peligro: Proceso mediante el cual se reconoce que existe un peligro (maquinaria y equipo, mano de obra, materiales e insumos, medio ambiente) y se definen sus características, en el puesto de trabajo y/o actividad laboral.

Incidente de alto potencial: Suceso no esperado ni deseado que no ha producido daño a las personas, pero que bajo circunstancias ligeramente diferentes, tiene potencial de generar lesiones graves y/o la muerte de una o más personas.

Inducción en SST: Proceso mediante el cual se informa al personal nuevo y externo sobre aquellos temas relevantes en seguridad y salud en el trabajo que deben cumplir dentro de la empresa o establecimiento laboral.

Mejora Continua: Actividad recurrente para mejorar el desempeño del Programa de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Peligro: Fuente o situación con capacidad de producir daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, daños al medio ambiente o una combinación de ellos.

Prevención de Riesgos: Conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividades de la empresa o establecimiento laboral con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo.

Puesto de trabajo: Lugar asignado a la o el trabajador en el cual lleva acabo su actividad laboral.

Riesgo: Combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y la gravedad de las lesiones del daño o deterioro de la salud, que puede el dicho suceso o la exposición.



CAPITULO II DE LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN

ARTÍCULO 5. (ELABORACIÓN). El PGSST debe ser elaborado por personal debidamente inscrito y con credencial vigente en el Registro Nacional de Profesionales y Técnicos en Higiene, Seguridad Ocupacional y Medicina del Trabajo, a cargo del Ministerio Trabajo, Empleo y Previsión Social conforme a normativa legal vigente.

ARTÍCULO 6. (ACTIVACIÓN DE CUENTA). La activación de cuenta se realizará a través del link remitido al o los correos electrónicos de la empresa o establecimiento laboral registrados en la plataforma web institucional del Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social.

ARTÍCULO 7. (INFORMACIÓN A SER DECLARADA). I. La información a ser declarada detallada en el parágrafo III será extraída de la Oficina Virtual de Trámites – OVT.

II. Excepcionalmente, las empresas o establecimientos laborales que se encuentren dentro de las previsiones del artículo 2 de la Resolución Ministerial N° 258/18 de 15 de marzo de 2018 y normativa conexa vigente y requieran la aprobación del PGSST, se procederá al registro manual de su información, previa autorización de la Dirección General de Trabajo, Higiene y Seguridad Ocupacional.

III. La empresa o establecimiento laboral del sector público y privado debe declarar la siguiente información:

Datos de la Empresa o Establecimiento Laboral:

- a) Nombre o Razón Social.
- b) Número de identificación Tributaria (NIT).
- c) Registro Obligatorio de Empleadores (ROE).
- d) Actividad declarada.
- e) Dirección de Domicilio Legal de la Empresa o Establecimiento Laboral.
- f) Nombre del Representante Legal.
- g) Número de Trabajadores.

Datos adicionales Proyecto, Casa Matriz, Sucursal o Repartición. (En caso de contar con proyectos deberá elegir esa opción).

- a) Nombre de Proyecto (si corresponde)
- b) Dirección del Proyecto (si corresponde)



- c) Empresas Subcontratadas (en caso de tener empresas subcontratadas debe elegir esa opción y declarar los nombres de las Empresas Subcontratadas).
- d) Total de trabajadores diferenciados por género.
- e) Profesional SySO Registro y Habilitado.

IV. La empresa o establecimiento laboral tiene la obligación de revisar y solicitar, si corresponde, la actualización de la información a ser declarada.

ARTÍCULO 8. (FORMA DE PRESENTACIÓN). I. La presentación del PGSST debe ser realizada a través de servicios en línea, en el marco de la desburocratización de trámites, mediante la plataforma web institucional del Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social, debiendo efectuar:

1. Activación de cuenta conforme el Artículo 6 de la presente norma.
2. Declaración Jurada de información de acuerdo al Artículo 7 de la presente norma.
3. Confirmación por parte del personal inscrito en el Registro Nacional de Profesionales y Técnicos en Higiene, Seguridad Ocupacional y Medicina del Trabajo que elaboró el PGSST, mediante correo de confirmación y enlace.
4. Datos del depósito bancario, el cual que debe ser efectuada mediante código CPT generado en la Plataforma Web institucional, de acuerdo a la escala de costos establecidos en la norma legal vigente.
5. Contenido del PGSST de acuerdo al artículo 10 de la presente norma, en formato PDF (escaneado y legible).

II. En caso de que la empresa o establecimiento laboral del sector público o privado cuenten con sucursales o reparticiones a nivel local o en el interior del país, debe presentar obligatoriamente un PGSST por cada sucursal, repartición u otra denominación, sea cual fuere el caso.

ARTÍCULO 9. (DECLARACIÓN JURADA). La información consignada en el documento PGSST, presentada a través del portal web institucional, por la empresa o establecimiento laboral del sector público y privado, tiene calidad de declaración jurada, cuya falsedad será sancionada de acuerdo a normativa vigente.

CAPITULO III DEL CONTENIDO TÉCNICO

ARTÍCULO 10. (CONTENIDO TÉCNICO). I. El PGSST debe contemplar el siguiente contenido Técnico:



1. Comprensión de la actividad laboral y de su contexto en SST

1.1. Explicación detallada del proceso productivo o de servicio. Debe ser desarrollado a través de diagramas de flujo; la descripción debe realizarse por proceso y/o actividad de forma diferenciada, el mismo debe incluir:

- a) Responsables, equipos, maquinarias, materiales y/o materias primas que intervienen en el o los procesos.
- b) En caso de ser una empresa o establecimiento laboral que preste servicios, debe realizar un diagrama de flujo en el cual se identifiquen las tareas para el desarrollo del servicio y los trabajadores involucrados.

1.2. Requisitos Preliminares. Se debe realizar el relevamiento de información y diagnóstico de cumplimiento de los requisitos legales en materia de higiene y seguridad ocupacional, adjuntando la documentación que corresponda de acuerdo al Anexo 1 y características propias de la empresa o establecimiento laboral:

- a) **Condiciones Mínimas de Higiene y Seguridad Ocupacional**
 - i. Infraestructura
 - ii. Maquinaria
 - iii. Instalaciones Eléctricas.
 - iv. Equipos Eléctricos.
 - v. Herramientas Manuales y Herramientas portátiles acondicionados por fuerza motriz.
 - vi. Calderos y Recipientes a presión.
 - vii. Hornos y Secadores.
 - viii. Sustancias Peligrosas y dañinas.
 - ix. Radiaciones Peligrosas.
 - x. Prevención y Protección contra Incendios .

- b) **Bienestar**
 - i. Alimentación
 - ii. Comedores
 - iii. Transporte
 - iv. Vivienda
 - v. Medios de Recreación
 - vi. Guarderías
- c) **Protección de la Salud**
 - i. Abastecimiento de Agua.
 - ii. Orden y Limpieza
 - iii. Disposiciones de Residuos
 - iv. Servicios Higiénicos



- v. Vestuarios y Casilleros
- d) Señalización.
- e) Bioseguridad.

2. Liderazgo y compromiso de SST.

2.1. Política de SST. La o el empleador debe establecer, implementar y mantener una política de Seguridad y Salud en el Trabajo, enfocada a:

- a) Al cumplimiento de la legislación nacional vigente en seguridad y salud en el trabajo y otras normas propias de cada sector o rubro.
- b) Al trabajo conjunto con el Comité Mixto o Coordinador de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar según corresponda, para la preservación de la seguridad y salud ocupacional de las y los trabajadores de la empresa o establecimiento laboral.
- c) Adoptar todas las medidas de orden técnico para la protección de la vida, la integridad física y mental de las y los trabajadores a su cargo.
- d) Proporcionar un marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de SST.

Asimismo, debe:

- a) Ser concisa, estar redactada con claridad, estar fechada y hacerse efectiva mediante la firma o endoso de la o el empleador, su representante legal, o la persona que esté a cargo o ejerza las labores de control o vigilancia del trabajo en la empresa o establecimiento laboral.
- b) Ser difundida y socializada a las y los trabajadores, así como al personal externo, debiendo existir copias disponibles en los diferentes ambientes de trabajo de mayor concurrencia en la empresa o establecimiento laboral.
- c) Ser revisada y actualizada acorde con los cambios tanto en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo, como en las características propias de la empresa o establecimiento laboral.

2.2. Organización y Funciones. La empresa o establecimiento laboral a través de un organigrama general debe identificar y establecer claramente las funciones del personal relacionado con la Seguridad y Salud en el Trabajo.

3. Comité Mixto y/o Coordinador de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar.

La empresa o establecimiento laboral según corresponda, debe adjuntar lo siguiente:

3.1. Comité Mixto.

- a) Acta de posesión de Comité Mixto.
- b) Certificado de Capacitación Virtual.



- c) Cronograma anual de reuniones del Comité Mixto.

3.2. Coordinador

- a) Memorándum de designación del Coordinador.
- b) Certificado de Capacitación Virtual.
- c) Cronograma anual de aplicación de la lista de verificación.

4. Planificación. En base a las características propias de la empresa o establecimiento laboral, se debe realizar la identificación peligros y evaluación de riesgos, estableciendo objetivos y planes de acción para lograrlos.

4.1. Gestión de Riesgos Ocupacionales.

a) Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos. La empresa o establecimiento laboral en base a norma técnica de seguridad vigente aprobada por el Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social o en ausencia de esta, otra norma de referencia aplicable a la realidad nacional, debe presentar:

- La matriz de identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, considerando las actividades y situaciones rutinarias y no rutinarias que se desarrollen en la actividad laboral, determinando los peligros, las causas que lo originan, las consecuencias, los controles actuales existentes y el nivel de riesgo actual (según su probabilidad y severidad), así como las medidas adicionales a implementar.
- Descripción de la metodología, evitando que la misma subvalúe los riesgos y no permita que sean gestionados.

b) Objetivos de SST. La empresa o establecimiento laboral debe establecer y presentar objetivos de SST enmarcados en la mejora continua y con base al resultado de la matriz IPER.

c) Plan de Acción. La empresa o establecimiento laboral debe presentar un plan de acción correctivo y preventivo, en base a las necesidades de mejora identificadas en la matriz IPER, el mismo, que además de considerar la normativa legal vigente en SST debe incluir responsables y plazos de ejecución.

Los plazos propuestos en el plan de acción, no libera al empleador de su obligación de adoptar todas las medidas de orden técnico para la protección de la vida, la integridad física y mental de las y los trabajadores a su cargo, así como de las demás responsabilidades civiles que puedan existir.

5. Estudios/Monitoreos de Higiene. La empresa o establecimiento laboral, debe presentar los siguientes estudios:



a) Estudios/Monitoreos Generales (Obligatorios)

- i. Iluminación en los lugares de trabajo.
- ii. Ventilación en los lugares de trabajo.
- iii. Ruido ocupacional.
- iv. Estudio de carga de fuego.
- v. Ergonomía.

b) Estudios/Monitoreos Específicos (Si Corresponde). En función a las características propias de la empresa o establecimiento laboral y a los resultados de la matriz IPER:

- i. Estrés térmico.
- ii. Contaminantes químicos del ambiente de trabajo (sustancias peligrosas).
- iii. Calidad de agua para consumo personal.
- iv. Vibración ocupacional.
- v. Partículas en suspensión.
- vi. Otros que sean necesarios.

Asimismo, deben cumplir los siguientes requisitos:

- Se deben realizar en base a norma técnica de seguridad vigente aprobada por la autoridad competente o en ausencia de esta, otra norma de referencia aplicable a la realidad nacional.
- Los estudios y/o monitoreos deben ser realizados por un profesional inscrito y con credencial categoría “A” vigente en el Registro Nacional de Profesionales y Técnicos en Higiene, Seguridad Ocupacional y Medicina del Trabajo.
- Los estudios y/o monitoreos deben establecer el cumplimiento de los límites permisibles de acuerdo a la normativa adoptada. En caso de no cumplir los requisitos referenciales, se deberán incluir acciones correctivas como parte del Plan de Acción.
- En caso de emplear un instrumento para la medición, debe adjuntar los respectivos certificados de calibración o verificación, mismos que deberán estar vigentes al momento de realizar el estudio y/o medición correspondiente.
- Los estudios y/o monitoreos deben ser actuales en referencia a las condiciones de trabajo y tendrán una vigencia de un año desde la fecha de su elaboración.

6. Actividades de Alto Riesgo. El desarrollo de las actividades de alto riesgo identificadas en la empresa o establecimiento laboral deben cumplir con una norma técnica de seguridad vigente aprobada por el Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social o en ausencia de esta, otra norma de referencia aplicable a la realidad nacional, para lo cual deberá citar la normativa utilizada y presentar lo siguiente:



- a) Procedimientos de las actividades de Alto Riesgo, aprobados por el empleador, representante legal o la persona que esté a cargo o ejerza las labores de control o vigilancia del trabajo.
- b) Formato de los permisos de trabajo generados por la empresa o establecimiento laboral.
- c) Respaldos de capacitación específica en las actividades de alto riesgo de quienes ejecutan y autorizan los Permisos de Trabajo.
- d) Permisos de Trabajo otorgados/emitidos por la empresa o establecimiento laboral en los últimos 3 meses antes de la presentación del PGSST, de las actividades de alto riesgo que se llevan a cabo como ser:
 - i. Trabajos en Altura.
 - ii. Trabajos de Izaje.
 - iii. Trabajos en Espacios Confinados.
 - iv. Trabajos en Caliente.
 - v. Trabajos en Excavación.
 - vi. Trabajos de Demolición.
 - vii. Trabajos en Instalaciones Eléctricas (baja, media y alta tensión).
 - viii. Trabajos con exposición a Radiaciones (ionizantes y no ionizantes).
 - ix. Otros que representen un nivel de riesgo inminente a la vida, en función a la IPER.

7. Inducción, capacitación, concientización y comunicación. La empresa o establecimiento laboral debe planificar capacitaciones en temas de SST dirigidas a todo el personal, debiendo adjuntar lo siguiente:

- a) Protocolo de Inducción en materia de SST dirigido a personal nuevo y externo que ingrese a la empresa o establecimiento laboral.
- b) Cronograma Anual de Capacitaciones proyectado a tres años en materia de SST, que considere las competencias requeridas por cada puesto de trabajo y los resultados de la matriz IPER.
- c) Registros firmados por los participantes de las capacitaciones e inducciones de la empresa o establecimiento laboral de la gestión en curso, de manera diferenciada por temática realizada.

Asimismo, se debe establecer, implementar y mantener procesos para la comunicación interna y externa con el fin de sensibilizar y concientizar a las y los trabajadores de manera continua en temáticas de SST. La empresa o establecimiento laboral, según la necesidad, podrá incluir nuevas capacitaciones que vea pertinente.



8. Dotación de Ropa de Trabajo y Equipo de Protección Personal. En cumplimiento a Normativa Técnica de Seguridad vigente aprobada por el Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social, la empresa o establecimiento laboral deberá adjuntar los siguientes documentos:

- a) Matriz de dotación de Ropa de Trabajo y Equipo de Protección Personal actualizada.
- b) Registro de dotación de Ropa de Trabajo de la gestión en curso.
- c) Registro de dotación de Equipo de Protección Personal de la gestión en curso.
- d) Manual de uso y mantenimiento de la Ropa de Trabajo y Equipo de Protección Personal.

9. Inspecciones Internas de SST. La empresa o establecimiento laboral debe realizar en intervalos planificados inspecciones internas que permitan proporcionar información acerca de la implementación y mantenimiento del PGSST, debiendo presentar:

- a) Cronograma anual proyectado a tres años, en base a la matriz IPER.
- b) Procedimiento para las Inspecciones Internas de SST.
- c) Registros de las Inspecciones Internas de SST ejecutadas en los últimos 3 meses antes de la presentación del PGSST.

10. Plan de Emergencias. La empresa o establecimiento laboral debe contar con un Plan de Emergencias con base en normativa técnica de seguridad vigente aprobada por la autoridad competente, o en ausencia de esta, otra norma de referencia aplicable a la realidad nacional, que debe contener:

- a) Determinación de los tiempos de evacuación.
- b) Determinación e identificación de las salidas de emergencia.
- c) Identificación de rutas de escape, puntos de encuentro.
- d) Listado y especificaciones de los equipos de emergencia (sistema de alarma, detectores de humo, equipos anti derrame, equipos contra incendios u otros conforme el nivel de riesgo determinado a través del estudio de carga de fuego).
- e) Conformación de Brigadas de emergencia, en el que se detalle la estructura, funciones, responsabilidades, entre otros.
- f) Manual de primeros auxilios en función a la matriz IPER.
- g) Contenido de los botiquines de primeros auxilios.
- h) Ubicación de los Botiquines de Primeros Auxilios en las instalaciones de la empresa o establecimiento laboral.



- i) Informe documentado y respaldo fotográfico de la ejecución de los simulacros contra incendios u otra contingencia.
- j) Otros según la normativa específica de emergencias y/o desastres.

La información detallada en los incisos (b), (c), (d) e (h), debe estar representada en un plano de evacuación, el mismo deberá ser puesto en conocimiento de todo el personal y debe estar ubicado en uno o varios puntos visibles dentro de las instalaciones de la empresa o establecimiento laboral.

11. Investigación y gestión de Accidentes de Trabajo y Acciones Correctivas. La empresa o establecimiento laboral debe establecer, implementar y mantener un procedimiento que incluya la información, investigación y toma de acciones para determinar y gestionar los accidentes e “incidentes de alto potencial” ocurridos en el trabajo, respaldado por la siguiente documentación:

- a) Procedimiento de investigación de accidentes e incidentes de alto potencial en el trabajo.
- b) Registros de accidentes e incidentes de alto potencial de la gestión en curso.
- c) El cálculo estadístico de accidentes de trabajo, en el que se contemple los índices de siniestralidad (Índice de Frecuencia, Índice de Gravedad, Índice de Incidencia).
- d) Respaldo de la investigación, análisis de causas y plan de acciones correctivas derivados de los accidentes o incidentes de alto potencial efectuados en la empresa o establecimiento laboral, el cual deberá ser implementado en el corto plazo por parte del empleador cuando ocurra alguno de estos eventos y con participación del Comité Mixto y/o Coordinador de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar.
- e) Copia de formularios de denuncia de accidentes de trabajo debidamente recepcionada por las entidades correspondientes, de la gestión en curso.

12. Medicina del Trabajo y Salud Ocupacional. La empresa o establecimiento laboral, debe presentar la siguiente información:

- a) Afiliación de las y los trabajadores al seguro de corto y largo plazo.
- b) Exámenes médicos pre-ocupacionales.
- c) Exámenes periódicos de las y los trabajadores, en función a los riesgos identificados en la IPER (de la gestión en curso).
- d) Exámenes post ocupacionales de las y los trabajadores que hayan concluido con la relación laboral en la empresa o establecimiento laboral (de la gestión en curso).
- e) Procedimiento para la evaluación y prevención del riesgo psicosocial.



La no presentación de los exámenes post ocupacionales debe ser respaldado adjuntando las últimas tres (3) planillas de sueldos, salarios y accidentes de trabajo presentados a través de la Oficina Virtual de Trámites – OVT donde se evidencie la inexistencia de desvinculaciones laborales.

Para empresas o establecimientos laborales nuevos, la presentación es obligatoria únicamente de los incisos a) y b), la condición precedente debe ser respaldada adjuntando el Certificado de Registro Obligatorio de Empleadores – ROE con una fecha de emisión que no sobrepase el año de antigüedad.

13. Reportes de Seguimiento Interno y Autoevaluación. Posterior a la emisión del Certificado de Aprobación Digital y con el objetivo de promover la mejora continua, la empresa o establecimiento laboral debe realizar reportes anuales que reflejen el cumplimiento de los Planes de Acción, Cronograma de Monitoreos Ocupacionales, Inspecciones internas, Capacitaciones, Simulacros y otras actividades que coadyuven a la adecuación y eficiencia del PGSST, hasta la actualización del mismo.

Los reportes citados precedentemente tendrán calidad de declaración jurada y deben ser presentados a través de la Plataforma Web institucional del Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social de acuerdo al Anexo 2 de la presente norma.

CAPÍTULO IV DE LA REVISIÓN Y APROBACIÓN

ARTÍCULO 11. (REVISIÓN). I. Una vez efectuada la Declaración Jurada mediante la plataforma web institucional del Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social, la Dirección General de Trabajo, Higiene y Seguridad Ocupacional a través del área de Seguridad Ocupacional procederá con la revisión de los aspectos de forma y fondo de la documentación técnica declarada por la empresa o establecimiento laboral conforme a lo siguiente:

II. Aspectos de forma:

- a) Presentación de los doce (12) puntos de manera diferenciada y de acuerdo a lo establecido en el artículo 10 de la presente norma.

III. Aspectos de fondo:

- a) La información debe corresponder a la temática referida en cada punto, ser actualizada, comprensible y legible, asimismo, se debe verificar el correcto cargado de los archivos y que los mismos no se encuentren vacíos o dañados.



IV. Si el PGSST presentado por la empresa o establecimiento laboral cuenta con observaciones de forma y/o fondo de acuerdo a lo descrito en los párrafos II y III del presente artículo, pasarán al estado de **observado**.

ARTÍCULO 12. (SUBSANACIÓN). La empresa o establecimiento laboral que tenga observaciones de forma y/o fondo según lo estipulado en el artículo 11 deberá realizar el cargado de las subsanaciones por única vez, a través del portal web institucional en un plazo no mayor a veinte (20) días hábiles, de manera improrrogable a partir de la notificación.

ARTÍCULO 13. (RECHAZO). I. La empresa o establecimiento laboral que no cumpla con la subsanación de los puntos observados sean de forma y/o fondo en el plazo establecido en el artículo precedente, serán sujetos a rechazo, debiendo realizar el trámite de presentación y aprobación nuevamente de acuerdo a los requisitos de la presente norma.

II. Si el PGSST presentado cuenta con observaciones en seis (6) o más puntos técnicos de los establecidos en el artículo 10, será sujeto a rechazo de manera directa.

III. La Dirección General de Trabajo, Higiene y Seguridad Ocupacional a través del área de seguridad ocupacional emitirá un informe técnico fundamentando la determinación del rechazo del PGSST.

ARTÍCULO 14. (APROBACIÓN). Efectuada la revisión de los aspectos de forma y fondo del PGSST, la Dirección General de Trabajo, Higiene y Seguridad Ocupacional procederá a la firma digital para su correspondiente aprobación a través del Certificado de Aprobación Digital, conforme los datos registrados en la declaración jurada.

ARTÍCULO 15. (NOTIFICACIÓN). I. La notificación del estado del trámite del PGSST será realizada a los correos electrónicos registrados por la empresa o establecimiento laboral en el portal web institucional del Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social.

II. Sin perjuicio de lo señalado en el parágrafo anterior, la empresa o establecimiento laboral está en la obligación de realizar seguimiento al trámite de PGSST, no pudiendo alegar desconocimiento o justificación de incumplimiento a los plazos establecidos en la presente norma.

ARTÍCULO 16. (VIGENCIA Y ACTUALIZACIÓN). I. El Certificado de Aprobación Digital tendrá una vigencia de tres (3) años, al término del mismo, la empresa o establecimiento laboral tiene la obligación de tramitar la aprobación del PGSST actualizado, conforme al procedimiento y requisitos establecidos en los artículos 5, 6 ,7, 8 y 10 de la presente norma.





NTS-009/23 – PROGRAMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO



II. La empresa o establecimiento laboral que cuente con la aprobación respectiva del PGSST y que dentro del periodo de vigencia del mismo realice modificaciones en la infraestructura, procesos de producción, cambio de insumos, materia prima, cambio o modificación de razón social y/o traslado de las instalaciones, debe presentar el PGSST actualizado, conforme al procedimiento y requisitos establecidos en los artículos 5, 6, 7, 8 y 10 de la presente norma.

ARTÍCULO 17. (VERIFICACIÓN). **I.** La Dirección General de Trabajo, Higiene y Seguridad Ocupacional a través de las Jefaturas Departamentales y Regionales de Trabajo realizará la verificación de la implementación y cumplimiento del PGSST, la cual es atribución exclusiva del Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social.

II. Si se evidenciara el incumplimiento a la implementación del PGSST el Certificado de Aprobación Digital quedará sin efecto, debiendo la empresa o establecimiento laboral realizar el trámite de aprobación nuevamente, conforme al procedimiento establecido en los artículos 5, 6, 7, 8 y 10 de la presente norma, sin perjuicio del inicio de denuncia por infracción a Leyes Sociales.

ARTICULO 18. (MODIFICACIÓN). La empresa o establecimiento laboral que cuente con la aprobación respectiva del PGSST y que dentro del periodo de vigencia del mismo cambie de representante legal, podrá solicitar por el conducto regular correspondiente la actualización de este dato en el Certificado de Aprobación Digital.

ARTÍCULO 19. (ADECUACIÓN). La empresa o establecimiento laboral que cuente con el Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo - PSST aprobado deberá cumplir con el periodo de vigencia establecido, una vez concluido dicho periodo deberá adecuarse a la presente norma.



ANEXO 1

REQUISITOS PRELIMINARES - NORMA TECNICA DE SEGURIDAD - NTS 009/23

1.1. Requisitos Preliminares de la Empresa o Establecimiento Laboral - Diagnóstico de Condiciones Básicas de SST	
a) Condiciones Mínimas de Higiene y Seguridad Ocupacional	
LINEAMIENTO	RESPALDO A PRESENTAR
i. Infraestructura	<p>Adjuntar copias de los planos de la infraestructura donde se llevan a cabo las actividades administrativas y operativas, en caso de proyectos se debe adjuntar copias de los planos del campamento y/o del Proyecto donde se llevan cabo las actividades administrativas/laborales y operativas respectivamente, los mismos deben estar aprobados por la Autoridad Competente.</p>
ii. iv. v. Maquinaria, Equipos , Herramientas Manuales y Herramientas portátiles acondicionados por fuerza motriz	<p>Registro de Maquinarias, equipos y herramientas. (En caso de las actividades administrativas, detallar a través de un registro los equipos con los que cuenta la Empresa o establecimiento laboral, equipos de computación, impresoras, fotocopiadoras entre otros).</p> <p>Procedimiento de Bloqueo y Etiquetado para el Control de Energías en las actividades y/o áreas que corresponda.</p> <p>Respaldo Fotográfico (muestra) demostrando condiciones de SST en Maquinarias (resguardos y protecciones), Equipos y Herramientas.</p> <p>Procedimiento de Mantenimiento de máquinas, equipos y herramientas.</p> <p>Cronograma de Mantenimiento de máquinas y equipos (de rutina, preventivo y correctivo).</p> <p>Registros de Mantenimiento realizados (muestra) de los 3 últimos meses.</p>
iii. Instalaciones Eléctricas	<p>Plano Unifilar del sistema eléctrico de las instalaciones, firmado por personal competente del área eléctrica.</p> <p>Estudio Técnico de la condición actual del sistema Eléctrico (indicando el estado de los circuitos, identificación de tensión, fusibles, interruptores de circuitos, conexión a tierra, instalación de equipos eléctricos y otros)</p> <p>Informe de medición de puesta a tierra, con equipos calibrados.</p> <p>Respaldo Fotográfico (muestra) demostrando condiciones de seguridad actuales de Instalaciones Eléctricas.</p>
vi. Calderos y Recipientes a presión	<p>Procedimiento de seguridad para en el manejo, operación y mantenimiento de Aparatos con gases sometidos a presión (calderos, compresores, acumuladores u otros).</p> <p>Especificaciones Técnicas del Fabricante (calderos, compresores, acumuladores u otros).</p> <p>Respaldo Fotográfico (muestra) demostrando condiciones de SST de aparatos con gases sometidos a presión (calderos, compresores, acumuladores u otros).</p>
vii. Hornos y Secadores	<p>Procedimiento de seguridad para en el manejo, operación y mantenimiento de Hornos y Secadores.</p> <p>Especificaciones Técnicas del Fabricante de Hornos y Secadores</p> <p>Respaldo Fotográfico (muestra) demostrando condiciones de seguridad de los hornos y secadores.</p>
viii. Sustancias Peligrosas y dañinas	<p>Registro con el listado de sustancias Peligrosas y Fichas de datos de Seguridad de las sustancias peligrosas (a) Lista Maestra, (b) Base Datos FDS.</p> <p>Procedimiento de seguridad para en el manejo y operación sustancias peligrosas (transporte, almacenamiento y manipulación de las sustancias peligrosas utilizadas por la Empresa o establecimiento laboral en función a las Hojas de Seguridad)</p> <p>Respaldo Fotográfico (muestra) demostrando el correcto almacenamiento y la disponibilidad de lavaojos, duchas de emergencia y kits para atención de derrames.</p>
ix. Radiaciones Peligrosas	<p>Respaldo Fotográfico (muestra) demostrando condiciones de SST en el manejo y operación de equipos que generen Radiaciones Ionizantes y licencias o autorizaciones vigentes de operación por la autoridad competente.</p> <p>Procedimiento de seguridad para en el manejo, operación y mantenimiento de equipos que generen Radiaciones Ionizantes.</p> <p>Procedimientos de seguridad para los trabajos que generan radiaciones no ionizantes (ondas de radio, micr ondas, laser, infrarroja y ultravioleta).</p> <p>Respaldo Fotográfico (muestra) demostrando condiciones de SST en el manejo y operación de equipos que generen Radiaciones no ionizantes y licencias o autorizaciones vigentes de operación por la autoridad competente.</p>
x. Prevención y Protección contra Incendios	<p>Respaldo fotográfico (muestra) demostrando condiciones de SST de Prevención y Protección contra Incendios.</p> <p>Registro de Equipos de lucha contra incendio de acuerdo al estudio de carga de fuego.</p> <p>Registros de Inspección de Equipos de lucha contra incendios (últimos 3 meses) y respaldos del mantenimiento externo realizado.</p> <p>Informe de características de sistemas de detección de incendios, notificación masiva y alarmas de emergencia (que sea autónoma y cubra todas las instalaciones ocupadas).</p>



b) Bienestar	
i.-vi. Alimentación, Comedores, Transporte, vivienda, medios de recreación y guarderías	Respaldo fotográfico (muestra) demostrando condiciones de SST e inocuidad en el comedor, incluyendo carnet sanitario de quienes producen alimentos y menú, según lo establecido en la NTS 011.
	Respaldo fotográfico (muestra) demostrando condiciones de SST de viviendas, medios de recreación y guarderías conforme la Ley N°16998.
	Informe describiendo como se cumple la provisión de Transporte al personal y lo definido en la Ley General del Trabajo y de cumplimiento de NTS 013.
c) Protección de la Salud	
i. Abastecimiento de Agua.	Respaldo fotográfico (i) mostrando la dotación de botellones de agua (ii) facturas que se tiene conexión de agua potable (o en su defecto monitoreos de calidad del agua destinada a consumo).
ii. Orden y Limpieza	Procedimiento de orden y limpieza implementado en la empresa o establecimiento laboral. Respaldo del control de orden y limpieza realizado en la empresa o establecimiento laboral (muestra) 3 últimos meses. Respaldo Fotográfico (muestra) demostrando condiciones de SST de orden limpia en la empresa o establecimiento laboral.
iii. Disposiciones de Residuos	Procedimiento de manejo de residuos según normativa vigente. Respaldo Fotográfico demostrando condiciones de SST en Manejo de Residuos.
iv. Servicios Higiénicos	Respaldo fotográfico demostrando condiciones de SST de Actuales de Servicios Higiénicos mostrando orden, limpieza, buenas condiciones y separados por sexo en cumplimiento a la NTS 012.
v. Vestuarios y Casilleros	Respaldo fotográfico demostrando condiciones de SST de actuales Vestuarios y Casilleros
d) Señalización.	Listado de Señalización instalada en la empresa o establecimiento laboral y registros de inspecciones/mantenimiento a los mismos. Respaldo Fotográfico (muestra) demostrando condiciones de cumplimiento de Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo conforme a normativa vigente.
e) Bioseguridad	Protocolo de Bioseguridad y constancia de presentación ante el MTEPS (mientras se encuentren en vigencia los requisitos legales preestablecidos). Respaldo Fotográfico (muestra) demostrando condiciones de aplicación de Bioseguridad (mientras se encuentren en vigencia los requisitos legales preestablecidos).
Nota 1.- Solo se debe respaldar todo lo que corresponda a las características propias de la Empresa o Establecimiento Laboral. Nota 2.- Todos los documentos presentados deben contar con el aval del Profesional SySO que elaboró el PGSST.	



ANEXO 2
**REGISTRO ANUAL DE SEGUIMIENTO INTERNO Y AUTOEVALUACIÓN DEL
CUMPLIMIENTO AL PGSST**

I. DATOS GENERALES

Nombre del Representante Legal:	
---------------------------------	--

Nº de ROE	
-----------	--

Empresa o Establecimiento Laboral:	
------------------------------------	--

Nº Certificado Aprobación:	
----------------------------	--

Dirección:	
------------	--

Nº de Trabajadores:	
---------------------	--

Nº	Seguimiento Interno y Autoevaluación			Responsable	Nº de Seguimiento	
	Día	Mes	Año		Año 1	Año 2

II. INFORMACIÓN DE ACCIDENTES Y ENFERMEDADES DE TRABAJO

Nº	ACCIDENTES DE TRABAJO DENUNCIADOS (Fecha y resumen del caso)	ACCIONES CORRECTIVAS A IMPLEMENTADAS	RESPONSABLE	CARGO	FECHA PLANIFICADA	FECHA REAL EJECUTADA	OBSERVACIÓN / ACLARACIÓN



III. SEGUIMIENTO A CUMPLIMIENTO DE PLANES Y COMPROMISOS

1. SEGUIMIENTOS A LAS ACCIONES DE MEJORA (RESULTANTES DEL PLAN DE ACCIÓN INMEDIATA Y DE ADECUACIÓN)							
PLAN DE ACCIÓN							
Nº	ACCIÓN DE MEJORA COMPROMETIDA EN EL PGSST	RESPONSABLE	CARGO	FECHA PLANIFICADA	FECHA REAL EJECUTADA	Nº DE FOTO O RESPALDO	OBSERVACIÓN Y/O REFERENCIA DE RESPALDO

2. SEGUIMIENTOS A LAS OTRAS ACTIVIDADES PLANIFICADAS (CAPACITACIONES, INSPECCIONES, SIMULACROS Y MONITOREOS Y OTROS COMPROMISOS DEL PGSST)							
Nº	ACTIVIDAD PLANIFICADA COMPROMETIDA EN EL PGSST	RESPONSABLE	CARGO	FECHA PLANIFICADA	FECHA REAL EJECUTADA	Nº DE FOTO O RESPALDO	OBSERVACIÓN Y/O REFERENCIA DE RESPALDO





NTS-009/23 – PROGRAMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO



3. INFORMACIÓN SOBRE ACTUALIZACIONES Y/O OTROS TEMAS RELEVANTES

Nota.- Las actualizaciones y/o información relevante deberán circunscribirse al cumplimiento de la normativa vigente en SST y el cumplimiento del PGSST.

IV. REGISTRO FOTOGRÁFICO/ EVIDENCIAS DE LA EJECUCIÓN DE ACCIONES Y ACTIVIDADES PLANIFICADAS

FOTOGRAFÍAS O IMÁGENES (Según aplique)

FOTOGRAFÍA 1	FOTOGRAFÍA 2
DETALLE FOTOGRAFÍA 1:	DETALLE FOTOGRAFÍA 2:

FOTOGRAFÍA 3	FOTOGRAFÍA 4
DETALLE FOTOGRAFÍA 3:	DETALLE FOTOGRAFÍA 4:



LISTADO DE DOCUMENTOS Y/O RESPALDOS ADJUNTOS (Según aplique)	
ANEXO XX	
ANEXO XX	
ANEXO XX	

Nota.- Todos los documentos adjuntos deben estar numerados y foliados, con firmas respectivas

V. FIRMAS/ DECLARACIÓN JURADA

DECLARO QUE LA INFORMACIÓN QUE CONSIGNAMOS EN ESTE INFORME ES VERDADERA

Firma

**REPRESENTANTE
LEGAL**

Nombre:

Fecha:

Firma

**PRESIDENTE DEL COMITÉ
MIXTO HSOB O
COORDINADOR**

Nombre:

Fecha:

Firma

**PROFESIONAL SST
(Registrado)**

Nombre :

Nº Registro:

Fecha:

